

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2011127332/02, 17.12.2009

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
17.12.2009

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
23.12.2008 IT MI2008A002311

(43) Дата публикации заявки: 27.01.2013 Бюл. № 3

(45) Опубликовано: 20.01.2014 Бюл. № 2

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2248946 C2, 27.03.2005. RU 2006129935
A, 27.02.2008. RU 2315736 C2, 27.01.2008. EP
0000341417 A2, 15.11.1989.(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на
национальной фазе: 25.07.2011(86) Заявка РСТ:
IB 2009/007822 (17.12.2009)(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2010/073090 (01.07.2010)Адрес для переписки:
191036, Санкт-Петербург, а/я 24,
"НЕВИНПАТ"

(72) Автор(ы):

ФЕДИ Роберто (ИТ),
КЛАУЗИ Антонио (ИТ),
ЧИНТИ Джованни (ИТ)

(73) Патентообладатель(и):

Итальячементи С.п.А. (ИТ)

(54) УСОВЕРШЕНСТВОВАННАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КЛИНКЕРА ИЗ
СЫРЬЕВОЙ СМЕСИ И СООТВЕТСТВУЮЩИЙ СПОСОБ

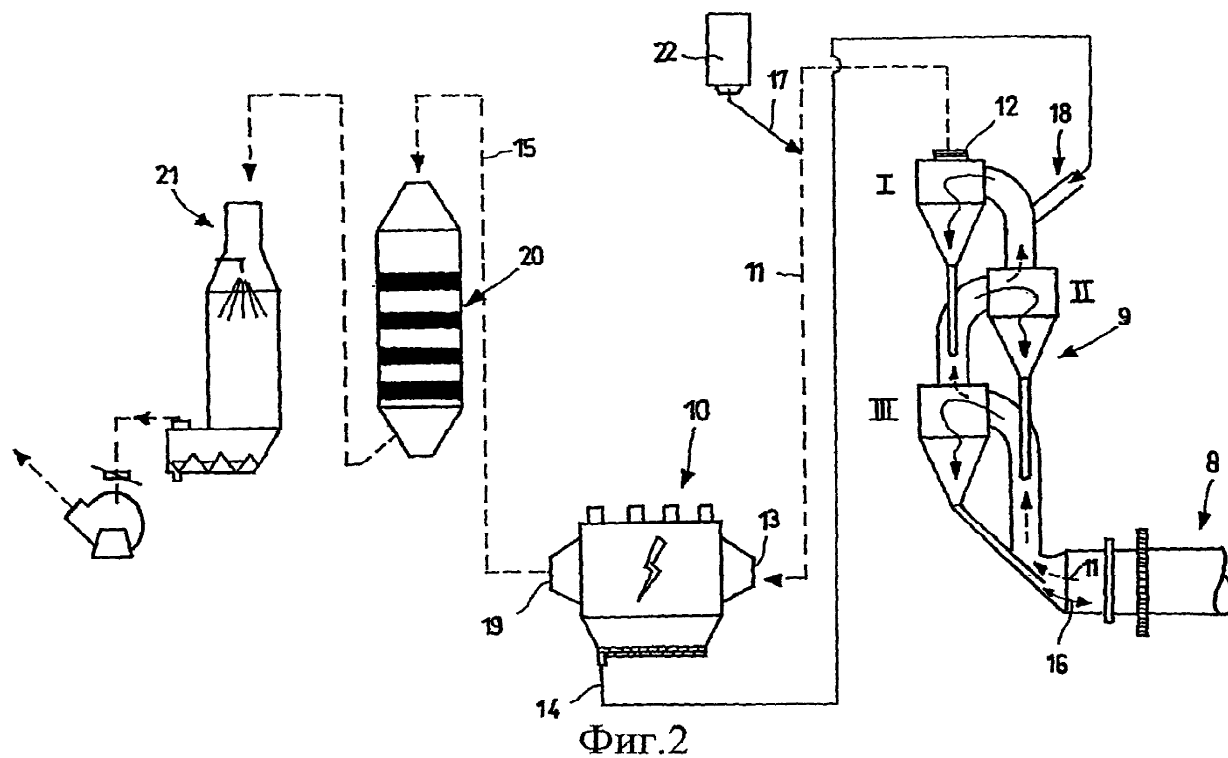
(57) Реферат:

Изобретение относится к цементной промышленности. Способ получения клинкера из сырьевой смеси реализуется посредством установки, которая включает вращающуюся печь (8), в частности прекальцинатор; многоступенчатый циклонный подогреватель (9), присоединенный к указанной вращающейся печи (8) ниже по ходу потока относительно направления потока газообразных продуктов (11) сгорания, происходящего в указанной вращающейся печи (8); электрофильтр (10), присоединенный к указанному подогревателю (9) ниже по ходу

потока относительно указанного направления потока газообразных продуктов (11) сгорания. Установка включает первое входное отверстие (17) для ввода сырьевой смеси в указанные газообразные продукты (11) сгорания, причем указанное входное отверстие (17) расположено ниже указанного подогревателя (9) и выше указанного электрофильтра (10) по ходу потока относительно указанного направления потока газообразных продуктов (11) сгорания. Она также включает второе входное отверстие (18) для подачи частично подогретой сырьевой смеси (14) из указанного электрофильтра (10) в

RU 2 5 0 4 7 2 2 C 2

RU 2504722 C2





FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.

F27B 7/20 (2006.01)**C04B 7/36** (2006.01)**(12) ABSTRACT OF INVENTION**(21)(22) Application: **2011127332/02, 17.12.2009**(24) Effective date for property rights:
17.12.2009

Priority:

(30) Convention priority:
23.12.2008 IT MI2008A002311(43) Application published: **27.01.2013 Bull. 3**(45) Date of publication: **20.01.2014 Bull. 2**(85) Commencement of national phase: **25.07.2011**(86) PCT application:
IB 2009/007822 (17.12.2009)(87) PCT publication:
WO 2010/073090 (01.07.2010)

Mail address:

191036, Sankt-Peterburg, a/ja 24, "NEVINPAT"

(72) Inventor(s):

**FEDI Roberto (IT),
KLAUZI Antonio (IT),
ChINTI Dzhovanni (IT)**

(73) Proprietor(s):

Ital'chementi S.p.A. (IT)**(54) IMPROVED UNIT FOR OBTAINING CLINKER FROM RAW MATERIAL MIXTURE, AND CORRESPONDING METHOD**

(57) Abstract:

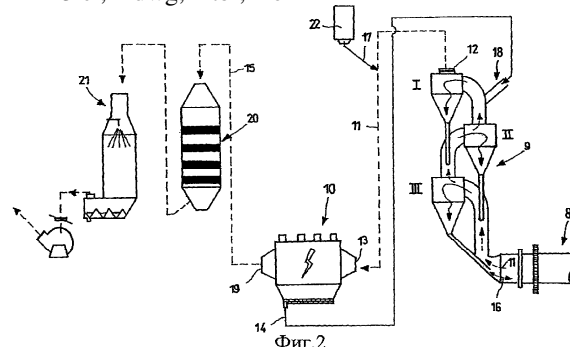
FIELD: machine building.

SUBSTANCE: method for obtaining clinker from raw material mixture is implemented by means of a unit that includes the following: rotary furnace (8), and namely a pre-calcinator; multistage cyclone heater (9) connected to the above rotary furnace (8) downstream relative to flow direction of gaseous combustion products (11), which occurs in the above rotary furnace (8); electrostatic precipitator (10) connected to the above heater (9) below the flow direction relative to the above flow direction of gaseous combustion products (11). The unit includes the first inlet hole (17) for supply of raw material mixture to the above gaseous combustion products (11); besides, the above inlet hole (17) is located below the above said heater (9) and above the mentioned electrostatic precipitator (10) in flow direction relative to the above flow direction of gaseous combustion products (11). It also includes

the second inlet hole (18) for supply of partially heated raw material mixture (14) from the above electrostatic precipitator (10) to the above heater (9). The proposed method involves an electrostatic precipitator as a fixed part of the heater.

EFFECT: elimination of one or more cyclones in the heater and improvement of efficiency of NO_x and SO_x content reduction at further cleaning stages of gaseous combustion products.

13 cl, 4 dwg, 1 tbl, 2 ex



Данное изобретение относится к усовершенствованной установке для получения клинкера из сырьевой смеси и соответствующему способу. Цемент представляет собой гидравлическое вяжущее вещество, применяемое для связывания инертных твердых материалов, таких как песок или гравий, с образованием бетона и строительного раствора, т.е. основных компонентов для строительства.

В промышленном масштабе цемент изготавливают смешиванием и измельчением клинкера и гипса совместно с корректирующими добавками, такими как известь, шлак и пуццолан. В способе получения цемента, известном как «сухая» технология, клинкер получают путем высокотемпературного обжига смеси исходных материалов, состоящих в основном из извести (карбонат кальция) и глины (диоксид кремния, оксид алюминия, оксиды железа, а также кристаллизационная вода). Исходные материалы смешивают в твердом состоянии в требуемом соотношении, а затем тонко измельчают до получения однородного порошка, известного как «сырьевая смесь». Таким образом, в данном описании под сырьевой смесью подразумевают полученный таким способом однородный мелкий порошок (пыль), используемый в качестве исходного материала для получения клинкеров.

Сырьевую смесь превращают в клинкер посредством обжига при температуре примерно 1450°C во вращающейся печи, представляющей собой по существу наклонный вращающийся цилиндр.

При прохождении через вращающуюся печь сырьевая смесь нагревается до температуры примерно 1450°C. В ходе нагревания смесь сначала претерпевает полную кальцинацию, а затем реагирует с образованием силикатов и алюминатов кальция (реакция образования клинкера), представляющих собой основные компоненты клинкера. Более конкретно, при реакции образования клинкера происходит ряд химических реакций между оксидом кальция, оксидом кремния, оксидом алюминия и оксидом железа, и этим реакциям способствует расплавление части самих исходных материалов (оксидов алюминия и железа).

Энергию, необходимую для протекания реакции образования клинкера, получают с помощью горелки, расположенной в верхней части вращающейся печи, на конце, противоположном тому, откуда подают сырье. Обычно используемыми видами топлива являются уголь, нефтяной кокс, топочный мазут, метан, а также альтернативные виды топлива, например, мясная мука.

Тепловую энергию передают сырьевой смеси, которую подвергают обработке, путем излучения в зоне обжига у горелки (температура около 2000°C) и путем конвекции и теплопроводности, посредством газообразных продуктов сгорания, в остальной части печи.

По окончании обработки обжигом полученный таким образом клинкер выгружают из вращающейся печи и быстро охлаждают в воздушном холодильнике, чтобы стабилизировать его.

Способы известного уровня техники представлены и обсуждены со ссылкой на следующие чертежи:

- Фиг.1А, на котором показана схема установки для получения клинкера в соответствии с известным уровнем техники, включающая вращающуюся печь, снабженную 4-ступенчатым суспензионным подогревателем;

- Фиг.1В, на котором показана схема установки для получения клинкера в соответствии с известным уровнем техники, включающая вращающуюся печь, снабженную 5-ступенчатым суспензионным подогревателем и прекальцинатором.

В вышеупомянутых чертежах сплошные линии указывают потоки твердого

материала, пунктирные линии указывают потоки газообразных веществ, в то время как римские цифры обозначают ступени суспензионных подогревателей.

В установках для получения клинкера, известных в уровне техники, сырьевую смесь, перед тем, как направить ее во вращающуюся печь, подогревают и, возможно, предварительно кальцинируют.

Одна из наиболее широко используемых в настоящее время технологий предварительного подогрева основана на использовании так называемого «суспензионного подогревателя» или «многоступенчатого циклонного подогревателя» (далее в тексте описания называемого также просто «подогревателем»), состоящего из колонны циклонов, в которой каждую стадию подогрева осуществляют в одном или более циклонов. В таком типе подогревателя под первым циклоном подразумевают циклон, в котором происходит первая стадия подогрева и первое разделение подогретой сырьевой смеси и газообразных продуктов сгорания; под вторым циклоном подразумевают циклон, в котором происходит вторая стадия подогрева и второе разделение сырьевой смеси и газообразных продуктов сгорания, и последующие циклоны в многоступенчатом циклонном подогревателе определяют аналогичным образом. В данном описании первый циклон подогревателя, так же как и последующие циклоны, всегда следует интерпретировать согласно вышеприведенному определению.

Первая ступень, в отличие от последующих ступеней, сконструирована так, чтобы свести к минимуму унос пыли из печи газообразными продуктами сгорания. Несмотря на это, концентрация пыли в газообразных продуктах сгорания, выходящих из подогревателя, остается высокой (примерно $50-100 \text{ г/м}^3$ (н.у.)).

Стадии подогрева и предварительной кальцинации проводят, соответственно, в подогревателе 1 и в прекальцинаторе 2 (Фиг.1А и 1В). Наличие этих стадий позволяет подавать во вращающуюся печь 3 частично (на 30-40%) кальцинированную сырьевую смесь, подогретую до температуры примерно 950°C , с существенной экономией энергии в последующей реакции образования клинкера. Наличие стадии подогрева, возможно совместно со стадией предварительной кальцинации, позволяет также использовать вращающиеся печи уменьшенного размера, таким образом снижая потери тепла, происходящие в таких печах и повышая общую энергетическую эффективность процесса получения клинкера.

В подогревателе исходную сырьевую смесь постепенно доводят от температуры 40°C примерно до 950°C . Нагревание осуществляют, поддерживая сырьевую смесь во взвешенном состоянии в потоке горячих газов, состоящих из газообразных продуктов сгорания вращающейся печи, что позволяет использовать большую поверхность теплообмена между сырьевой смесью и газообразными продуктами сгорания.

На стадии подогрева период времени, в течение которого твердая фаза (сырьевая смесь) находится в контакте с газообразной фазой (газообразные продукты сгорания вращающейся печи), имеет основополагающее значение. Для того, чтобы обеспечить оптимальное время контакта между твердой и газообразной фазами, суспензионный подогреватель состоит из ряда циклонов (от 4 до 6), расположенных один над другим с образованием колонны различной высоты, которая может составлять даже до 130-150 м. Такой подогреватель можно определить как многоступенчатый циклонный подогреватель. Первую стадию подогрева, которая происходит в верхней части колонны, можно осуществлять в двух параллельно соединенных циклонах, чтобы обеспечить лучшую эффективность отделения сырьевой смеси от газообразного потока перед выходом из подогревателя

Как показано на Фиг.1А, в многоступенчатом циклонном подогревателе 1 газообразные продукты сгорания из вращающейся печи 3, имеющие температуру примерно 900-1000°C, проходят через циклоны снизу вверх (от IV до I). Исходную сырьевую смесь смешивают с газообразными продуктами сгорания в подогревателе 1, в который ее подают через входное отверстие 4, обеспеченное в верхней части подогревателя, между первым (I) циклоном и вторым (II) циклоном. Сырьевая смесь, транспортируемая из одного циклона в следующий потоком газообразных продуктов сгорания, проходит через подогреватель до выходного отверстия, расположенного в нижней части. В каждом циклоне примерно 80% твердой фазы (сырьевой смеси) отделяют от газовой фазы (газообразных продуктов сгорания), чтобы затем снова ввести ее в газовую фазу, поступающую в циклон, расположенный ниже. С другой стороны, газовая фаза, содержащая оставшуюся твердую фракцию (примерно 20% сырьевой смеси) поступает в следующий циклон, расположенный выше.

В нижней части подогревателя 1 получают подогретую сырьевую смесь, имеющую температуру примерно 950°C. С последней стадии подогрева многоступенчатого циклонного подогревателя сырьевую смесь выгружают непосредственно во вращающуюся печь 3 для проведения последующей реакции образования клинкера.

В установках, снабженных прекальцинатором 2 (Фиг.1В), подогретую сырьевую смесь подают из подогревателя 1 в соответствующую камеру 5 сгорания, снабженную горелкой 6, внутри которой ее подвергают процессу частичной кальцинации. Предварительно кальцинированная сырьевая смесь выходит из прекальцинатора 2, и ее направляют, совместно с газообразными продуктами сгорания из прекальцинатора 2, на последнюю стадию (V) подогревателя 1, с последующим продвижением ее к вращающейся печи 3. Газообразные продукты сгорания прекальцинатора 2 протекают совместно с продуктами сгорания из вращающейся печи 3 и поднимаются по подогревателю 1 к выходному отверстию 7, после первого циклона.

Газообразный поток, выходящий из выходного отверстия 7 подогревателя, содержащий газообразные продукты сгорания вращающейся печи 3 и, возможно, газообразные продукты сгорания прекальцинатора 2, имеет температуру примерно 270-360°C. Перед выпуском в атмосферу этот поток обычно используют на других стадиях производства цемента (например, для измельчения и сушки сырья или в качестве необходимого для горения воздуха во вращающейся печи или в прекальцинаторе), чтобы рекуперировать содержащееся в нем тепло.

Получение клинкера на установке по производству цемента, подобной вышеописанной, образует огромные объемы газовых выбросов, которые потенциально способны загрязнять окружающую среду.

Газообразный поток, выходящий из подогревателя, характеризуется высокой концентрацией загрязняющих веществ, в частности, оксидов азота (NO_x) и пыли.

NO_x в основном образуется в ходе процессов сгорания, которые протекают во вращающейся печи и, возможно, в прекальцинаторе. Основными способами, используемыми в настоящее время для снижения содержания NO_x в газообразном потоке, выходящем из подогревателя, являются следующие два способа:

- селективное некаталитическое восстановление (СНКВ), которое предусматривает восстановление NO_x восстанавливающим агентом (например, аммиаком или мочевиной) в высокотемпературной области подогревателя;

- селективное каталитическое восстановление (СКВ), которое предусматривает реакцию NO_x с аммиаком в качестве восстанавливающего агента, в присутствии

катализатора.

Способ СНКВ является эффективным, если его использовать для газообразного потока, имеющего температуру 800-900°C, и он позволяет восстановить большую часть присутствующего NO_x (то есть более 50%).

Применение способа СКВ, который лишь недавно стали использовать в отрасли получения электроэнергии и который находится на стадии разработки в отрасли получения цемента, позволяет достичь очень высоких выходов по восстановлению (свыше 90%). Способ СКВ является эффективным, если его использовать для газообразного потока, имеющего температуру примерно от 300 до 400°C.

С учетом этого оптимального температурного интервала для восстановления NO_x , систему восстановления СКВ устанавливают в установках для получения клинкера на верхнем выходном отверстии подогревателя, после первого циклона, где газообразный поток, выходящий через это выходное отверстие, содержащий газообразные продукты сгорания вращающейся печи и, возможно, газообразные продукты сгорания прекальцинатора, имеет температуру примерно 270-360°C.

Однако применение технологии СКВ имеет различные недостатки, связанные главным образом с присутствием большого количества пыли в газообразных продуктах сгорания, выходящих из подогревателя. Пыль, оседая на поверхности катализатора, снижает эффективность системы восстановления СКВ, в то же время увеличивая сопротивление прохождению газообразного потока и, следовательно, потребление энергии, связанное с его перемещением.

Присутствие пыли в обрабатываемых отходящих газах также подразумевает высокое потребление энергии, связанное с необходимостью очищать катализатор сжатым воздухом, а также со снижением срока службы катализатора из-за абразивного действия, которое оказывает пыль на поверхность каталитического слоя.

Значительное присутствие пыли связано в существенной степени с ограниченной эффективностью удаления пыли в циклонах, которые входят в состав подогревателя. Хотя они сконструированы так, чтобы максимально увеличить эффективность разделения, эти циклоны могут эффективно отделять только более тяжелую пыль.

Во-вторых, на выходе из подогревателя может также присутствовать зола, образовавшаяся при сгорании в горелках вращающейся печи и прекальцинатора альтернативных видов топлива, таких как, например, мясная мука. Присутствие золы (содержащей фосфаты) приводит к отравлению катализатора и, следовательно, к снижению его эффективности в отношении восстановления NO_x .

Иногда в газообразных продуктах сгорания присутствуют оксиды серы, в основном в форме SO_2 , в зависимости от содержания серы в применяемых исходных материалах.

В этих случаях восстановление SO_2 можно осуществить путем введения в газообразные продукты сгорания соединений на основе оксида кальция и/или гидроксида кальция, с последующим образованием сульфата кальция, причем указанный сульфат кальция можно снова направлять в процесс получения клинкера. Эффективность снижения содержания оксидов серы в газовой фазе по вышеуказанному способу также ограничена присутствием в газообразных продуктах сгорания высоких концентраций пыли, что делает почти невозможным возвращение в процесс непрореагировавшей извести.

Выходящие из подогревателя газообразные продукты сгорания, после очистки от NO_x и SO_x и возможного пропускания через другие стадии технологического процесса с целью рекуперации из них остаточного тепла, следует окончательно

очистить от пыли перед выбросом в атмосферу.

Удаление пыли обычно осуществляют посредством фильтрации на электрофильтрах (известных также как электростатические осадители), или с помощью тканевых фильтров, причем последние наиболее широко распространены в установках для получения клинкера.

В отличие от электрофильтров, которые могут обеспечивать фильтрацию газообразных потоков даже при высокой температуре, тканевые фильтры могут работать только при температурах ниже 250°C (в зависимости от типа применяемой ткани). Поэтому, применение тканевых фильтров для удаления пыли из газообразных продуктов сгорания приводит к необходимости устанавливать подходящие системы для снижения температуры фильтруемых газов (например, градирни, теплообменники, установки для ввода разбавляющего воздуха), с соответствующим увеличением капиталовложений и энергопотребления процесса.

Получение клинкера на установке для получения цемента, подобной вышеописанной, имеет и другие недостатки.

Малое время контакта твердой фазы (сырьевой смеси) и газообразной фазы (газообразных продуктов сгорания), которое может быть достигнуто в одноступенчатом суспензионном подогревателе, требует установки множества циклонов с получением многоступенчатого подогревателя, для достижения приемлемого уровня теплообмена. Это требует сооружения мощных опорных конструкций подогревателя и, в то же время, большого потребления энергии, связанного с перемещением газообразных продуктов сгорания и твердого материала через подогреватель.

В соответствии с производственной мощностью установки и конкретными принятыми технологиями производства, подогреватель может достигать значительной высоты (130-150 м), что вызывает также «искажение пейзажа».

Кроме того, даже при использовании 4-6-ступенчатых подогревателей, что позволяет увеличить время контакта, теплообмен между сырьевой смесью и газообразными продуктами сгорания является недостаточно интенсивным для гарантии того, что достигнуто термическое равновесие. В подогревателях, известных в уровне техники, разница между температурой сырьевой смеси и температурой газообразных продуктов сгорания, выходящих из подогревателя, составляет в среднем примерно 40-50°C.

Целью данного изобретения является создание усовершенствованной установки и способа, способных преодолеть выявленные недостатки существующего уровня техники.

Первым объектом данного изобретения является установка для получения клинкера из сырьевой смеси, включающая:

- вращающуюся печь 8, возможно прекальцинатор;
- многоступенчатый циклонный подогреватель 9, присоединенный к указанной вращающейся печи 8 ниже по ходу потока относительно направления потока газообразных продуктов 11 сгорания, происходящего в указанной вращающейся печи 8;
- электрофильтр 10, присоединенный к указанному подогревателю 9 ниже по ходу потока относительно указанного направления потока газообразных продуктов 11 сгорания;

отличающаяся тем, что она включает первое входное отверстие 17 для ввода сырьевой смеси в указанные газообразные продукты 11 сгорания, причем указанное

входное отверстие 17 расположено ниже указанного подогревателя 9 и выше указанного электрофильтра 10 по ходу потока, относительно указанного направления потока газообразных продуктов 11 сгорания, и тем, что она включает второе входное отверстие 18 для подачи частично подогретой сырьевой смеси 14 из указанного электрофильтра 10 в указанный подогреватель 9.

Вторым объектом данного изобретения является усовершенствованный способ получения клинкера из сырьевой смеси в установке, содержащей вращающуюся печь 8, возможно прекальцинатор, многоступенчатый циклонный подогреватель 9 и электрофильтр 10, включающий следующие стадии:

а) подачу газообразных продуктов 11 сгорания из вращающейся печи 8 в подогреватель 9, в направлении снизу вверх;

б) смешивание сырьевой смеси 22 с газообразными продуктами 11 сгорания, выходящими из подогревателя 9, с подогреванием сырьевой смеси 14 посредством контакта с газообразными продуктами 11 сгорания, и образование потока газа, содержащего частично подогретую сырьевую смесь 14 во взвешенном состоянии;

с) подачу потока, полученного на стадии (б), в электрофильтр 10, и отделение частично подогретой сырьевой смеси 14 от очищенного от пыли потока газообразных продуктов 15 сгорания;

д) подачу частично подогретой сырьевой смеси 14, полученной на стадии (с), в подогреватель 9, и подогревание сырьевой смеси 14 посредством контакта в противотоке с потоком газообразных продуктов 11 сгорания, протекающим снизу вверх;

е) подачу подогретой сырьевой смеси 16, полученной на стадии (а), во вращающуюся печь 8 для последующего получения клинкера.

Предпочтительное воплощение установки и способа по данному изобретению схематически представлено на прилагаемых Фиг.2 и 3.

На Фиг.2 и 3 сплошные линии также обозначают потоки твердых материалов, пунктирные линии указывают газообразные потоки, в то время как римские цифры обозначают циклоны суспензионного подогревателя.

Стадия (а) способа по данному изобретению предусматривает пропускание газообразных продуктов 11 сгорания из вращающейся печи 8 в подогреватель 9 в направлении снизу вверх. Подобно тому, что происходит в установке для получения клинкера известного уровня техники, газообразные продукты 11 сгорания поступают в подогреватель 9 снизу и поднимаются по циклонам многоступенчатого циклонного подогревателя 9 до верхнего выпускного отверстия 12.

На стадии (б) способ исходную сырьевую смесь 22 смешивают с газообразными продуктами 11 сгорания, выходящими из подогревателя, осуществляя подогрев сырьевой смеси 14 за счет контакта с газообразными продуктами 11 сгорания и образуя газообразный поток, содержащий частично подогретую сырьевую смесь 14 во взвешенном состоянии.

Введение исходной сырьевой смеси 22 в газообразные продукты 11 сгорания осуществляют через соответствующее входное отверстие 17, обеспеченное ниже выходного отверстия 12 суспензионного подогревателя 9 и выше входного отверстия 13 в электрофильтр 10 по ходу потока, относительно направления потока газообразных продуктов 11 сгорания. Таким образом, сырьевая смесь 22 смешивается с газообразными продуктами 11 сгорания, оставаясь во взвешенном состоянии в газовой фазе, и в то же время нагреваясь, образуя при этом частично подогретую сырьевую смесь 14 во взвешенном состоянии.

Температура частично подогретой сырьевой смеси 14 зависит как от температуры газообразных продуктов 11 сгорания, выходящих из выходного отверстия 12 подогревателя 9, так и от длины пути, который соединяет входное отверстие 17, через которое сырьевая смесь 22 поступает в газообразные продукты 11 сгорания, с

5 входным отверстием 13 в электрофильтр 10 для частично подогретой сырьевой смеси 14 во взвешенном состоянии (далее называемого просто «путь Р»).

Действительно, время контакта сырьевой смеси 22 с газообразными продуктами 11 сгорания и, следовательно, степень теплообмена между газообразными продуктами 11 сгорания и сырьевой смесью 22, зависит от длины указанного пути Р. Таким образом, путем подходящего выбора длины пути Р можно изменять температуру частично подогретой сырьевой смеси 14, поступающей в подогреватель 9. В предпочтительном воплощении данного изобретения длина указанного пути Р такова, что частично подогретая сырьевая смесь 14, поступающая в подогреватель 9, имеет

15 температуру 250-400°C, предпочтительно, 270-360°C. В установках для получения клинкера, известных в уровне техники, сырьевая смесь, которую подогревают в суспензионном подогревателе, имеет температуру примерно 40°C и достигает значений температуры 270-360°C после прохождения по меньшей мере первых двух

20 стадий подогрева. Таким образом, применение электрофильтра, соединенного с суспензионным подогревателем, согласно данному изобретению, позволяет подавать в суспензионный подогреватель сырьевую смесь при значительно более высокой температуре. Следовательно, чтобы выполнить подогрев сырьевой смеси до температуры ее поступления во вращающуюся печь (примерно 950°C), можно

25 использовать суспензионный подогреватель, имеющий меньшее количество циклонных ступеней. Кроме того, подогреватель по данному изобретению также значительно меньше, чем суспензионные подогреватели, применяемые в установках для получения клинкера, поскольку он имеет на одну или две циклонных ступени

30 меньше.

На последующей стадии (с) газообразный поток, полученный на стадии (b), подают на электрофильтр 10, где частично подогретую сырьевую смесь 14 отделяют от потока не содержащих пыли газообразных продуктов 15 сгорания. Такое разделение происходит путем электростатического осаждения внутри электрофильтра 10.

35 Отделенную таким образом частично подогретую сырьевую смесь 14 направляют в подогреватель 9, где ее смешивают с газообразными продуктами 11 сгорания, которые протекают внутри самого подогревателя (стадия а), и подогревают посредством контакта в противотоке с газообразными продуктами 11 сгорания, протекающими в направлении снизу вверх. С этой целью частично подогретую

40 сырьевую смесь 14, отделенную с помощью электрофильтра 10, вводят в подогреватель 9 через входное отверстие 18 подогревателя 9. Такое входное отверстие 18 предпочтительно может быть предусмотрено в промежуточной точке между двумя циклонами, предпочтительно между первым и вторым циклоном.

45 Путем присоединения электрофильтра 10 к подогревателю 9 вышеупомянутым способом, можно применять электрофильтр 10 вместо одного или более циклонов, к тому же используя лучшую эффективность удаления пыли устройства этого вида, по сравнению с циклонами.

50 На конечной стадии способа по данному изобретению (стадия (е)) подогретую сырьевую смесь 14 (при температуре примерно 950°C) выгружают из нижней части подогревателя 9 во вращающуюся печь 8 для последующего проведения реакции получения клинкера.

В предпочтительном воплощении способ по данному изобретению включает также стадию (f), которая заключается в обработке очищенных газообразных продуктов 15 сгорания, выходящих из электрофилтра 10, посредством дополнительной очистки от загрязняющих веществ и/или рекуперации тепла.

В предпочтительном воплощении способа по данному изобретению, проиллюстрированном на Фиг.2, очищенные от пыли газообразные продукты 15 сгорания, полученные при отделении частично подогретой сырьевой смеси 14 на стадии (с), выходят из электрофилтра 10 через выходное отверстие 13, а затем их подают на дополнительные стадии обработки для очистки от загрязняющих веществ и/или рекуперации тепла. С этой целью в установке по данному изобретению предусматривают подходящие средства обработки для очистки от загрязняющих веществ и/или средства рекуперации тепла.

Очищенные от пыли газообразные продукты 15 сгорания можно также подавать рециклом на другие стадии способа получения клинкера и, в более общем смысле, способа получения цемента, в который включена установка для получения клинкера по данному изобретению.

Например, дополнительной обработкой с целью очистки от загрязняющих веществ, на которую можно направлять очищенные от пыли газообразные продукты 15 сгорания, является восстановление NO_x . Предпочтительно эта обработка представляет собой селективное каталитическое восстановление (СКВ) посредством восстанавливающих агентов (например, аммиака). СКВ можно осуществлять с помощью подходящего устройства для селективного каталитического восстановления, например, устройства СКВ по Фиг.2, в соответствии со способами, известными в уровне техники. Восстанавливающий агент можно подавать в газообразный поток перед устройством СКВ. Альтернативно, в качестве восстанавливающего агента можно также использовать аммиак, который может присутствовать в том же потоке газообразных продуктов сгорания, который подвергают обработке СКВ. Этот аммиак образуется при термообработке сырья, которое направляют в подогреватель, и газообразные продукты сгорания переносят его через электрофилтр на катализатор устройства СКВ. Если количество аммиака, образующегося из сырья, является недостаточным, в газообразный поток, который подвергают обработке СКВ, можно подавать дополнительное количество аммиака или другого восстанавливающего агента.

Другой обработкой с целью очистки, которой можно подвергнуть очищенные от пыли газообразные продукты 15 сгорания, является процесс восстановления оксидов серы (десульфурация), в частности для снижения содержания SO_2 . Предпочтительно этот процесс предусматривает ввод в очищенные от пыли газообразные продукты 15 сгорания соединений на основе оксида и/или гидроксида кальция, через соответствующее инъекционное устройство. Вышеупомянутый способ десульфурации (не показанный на Фиг.2) можно проводить как до, так и после процесса восстановления NO_x .

Очищенные от пыли газообразные 15 продукты сгорания можно также направлять на другие стадии способа получения клинкера и, в более общем смысле, на другие стадии способа получения цемента (например, на размол и сушку сырья, или в качестве необходимого для сгорания воздуха во вращающуюся печь и/или прекальцинатор), чтобы рекуперировать остаточное тепло перед выпуском их в атмосферу.

Остаточное тепло очищенных от пыли газообразных продуктов 15 сгорания можно

рекуперировать с использованием подходящих средств рекуперации тепла. Для этой цели установка по данному изобретению может, например, включать теплообменник типа воздух/воздух; воздух/диатермическое масло, воздух/вода-пар, или работающую на воде градирню (градирня 21 на Фиг.2).

Способ по данному изобретению можно также применить в установках для получения клинкера, снабженных прекальцинатором. В этом случае газообразные продукты сгорания вращающейся печи подают в прекальцинатор, а оттуда, совместно с газообразными продуктами сгорания прекальцинатора, в суспензионный подогреватель 9.

Установка по данному изобретению и соответствующий способ имеют различные преимущества по сравнению со способами и установками, известными в уровне техники.

Согласно данному изобретению, в способе получения клинкера используют электрофильтр в качестве неотъемлемой части способа получения, в частности, в качестве неотъемлемой части подогревателя. Вместо этого, в способах известного уровня техники электрофильтр используют только как устройство для удаления пыли из газообразных потоков перед выпуском их в атмосферу.

Данное изобретение обладает следующими основными преимуществами:

- применение электрофильтра в сочетании с суспензионным подогревателем позволяет увеличить время контакта между сырьевой смесью и газообразными продуктами сгорания в ходе стадии подогрева, с соответствующим улучшением теплообмена и, следовательно, термического коэффициента полезного действия установки для получения клинкера. Благодаря такому увеличению термического коэффициента полезного действия можно устранить один или более циклонов в подогревателе (как схематически показано на Фиг.2, где в подогревателе 9 предусмотрено только три циклона), с соответствующим уменьшением высоты относящейся к нему опорной конструкции, капиталовложений и воздействия на окружающую среду;

- газообразные продукты сгорания, выходящие из электрофильтра, характеризуются низким содержанием пыли. Это дает возможность повысить эффективность снижения содержания примесей на последующих стадиях очистки посредством снижения содержания NO_x и SO_x ;

- в случае использования теплообменника для рекуперации остаточной тепловой энергии газообразных продуктов сгорания, выходящих из электрофильтра, низкое содержание пыли уменьшает типичные проблемы загрязнения теплообменников.

С точки зрения удаления NO_x посредством систем восстановления СКВ, установка и способ по данному изобретению позволяют подвергнуть СКВ обработке газообразные продукты сгорания с низким содержанием пыли, в результате чего получают:

- увеличение надежности работы катализатора, снижение нагрузочных потерь (из-за забивания катализатора) и, следовательно, снижение потребления энергии на транспортировку газов;

- снижение потребления энергии, связанного с использованием сжатого воздуха в ходе СКВ обработки для поддержания достаточной степени чистоты катализатора;

- снижение частоты технического обслуживания систем СКВ, необходимого из-за забивания катализатора, отравления катализатора и т.д.;

- возможность использования меньшего количества катализатора, таким образом снижая объем и стоимость системы СКВ;

- увеличение срока службы катализатора.

Кроме того, позволяя преодолеть проблемы работы системы восстановления СКВ, связанные с высоким содержанием пыли в газообразных продуктах сгорания, данное изобретение также позволяет применять такую же систему восстановления для
5 устранения других типов загрязняющих веществ, которые могут присутствовать в газообразных продуктах сгорания. Действительно, с этой целью достаточно применить, наряду с катализатором для NO_x , дополнительный катализатор соответствующего химического состава.

Кроме того, когда в способе получения клинкера применяют альтернативные виды топлива, электрофильтр обеспечивает снижение количества возможно получаемой золы (обычно содержащей фосфаты), которая может вызвать отравление катализатора. Таким образом, дополнительным преимуществом данного изобретения является возможность совмещения СКВ технологии с любым типом альтернативных
15 топлив.

Последующие примеры воплощения данного изобретения приведены просто для иллюстрации данного изобретения, и их не следует рассматривать как ограничивающие область защиты, определенную прилагаемой формулой изобретения.

ПРИМЕР 1

На Фиг.3 схематически показана установка по данному изобретению, включающая электрофильтр и трехступенчатый циклонный суспензионный подогреватель, В
указанной установке путь газообразного потока газообразных продуктов сгорания из печи (не показана) и подогреваемой сырьевой смеси, является таким, чтобы
25 осуществить три полные стадии подогрева и относительное отделение подогретой сырьевой смеси от газообразных продуктов сгорания.

Для того, чтобы продемонстрировать высокую энергетическую эффективность способа и устройства по данному изобретению, рассчитывали температуру газообразного потока (продуктов сгорания) и пыли (сырьевой смеси) в различных
30 точках устройства. С этой целью были сделаны следующие допущения:

- газообразный поток и пыль, выходящие из циклонов и электрофильтра, находятся в термическом равновесии;

- концентрации пыли в газообразных потоках, выходящих из циклонов и электрофильтра, является пренебрежимо малой, то есть эффективность разделения близка к 100%.

Расчет температур газообразных потоков и пыли осуществляли методом последовательного поиска значений температуры, которые приводят к равновесию энергетических балансов процесса на каждой стадии.

Массовый баланс получали, взяв за основу количество полученного клинкера, выраженное в кг. Это количество меньше, чем количество сырьевой смеси, подаваемой в способ получения клинкера (для получения 1 кг клинкера необходимо около 1,55 кг сырьевой смеси).

В результате проведенных расчетов, в точках А - Н установки газообразные продукты сгорания и сырьевая смесь имеют следующие характеристики:

Точка А (сырьевая смесь):

Количество:	1,55 кг/кг клинкера
Температура:	50°C
Энергоемкость:	100,32 кДж (24 ккал)/кг клинкера

Точка В (газообразные продукты сгорания):

Количество: 1,5 м³ (н.у.)/кг клинкера
Температура: 308°C
Энергоемкость: 693,88 кДж (166 ккал)/кг клинкера

5

Точка С (сырьевая смесь):

Количество: 1,65 кг/кг клинкера
Температура: 308°C
Энергоемкость: 680,44 кДж (158 ккал)/кг клинкера

10

Точка D (сырьевая смесь):

Количество: 0,10 кг/кг клинкера
Температура: 576°C
Энергоемкость: 75,24 кДж (18 ккал)/кг клинкера

15

Точка D (газообразные продукты сгорания):

Количество: 1,4 м³ (н.у.)/кг клинкера
Температура: 576°C
Энергоемкость: 1178,76 кДж (282 ккал)/кг клинкера

20

Точка E (сырьевая смесь):

Количество: 0,10 кг/кг клинкера
Температура: 826°C
Энергоемкость: 108,68 кДж (26 ккал)/кг клинкера

25

Точка E (газообразные продукты сгорания):

Количество: 1,3 м³ (н.у.)/кг клинкера
Температура: 826°C
Энергоемкость: 1613,48 кДж (386 ккал)/кг клинкера

30

Точка F (сырьевая смесь):

Количество: 1,65 кг/кг клинкера
Температура: 526°C
Энергоемкость: 1128,6 кДж (270 ккал)/кг клинкера

35

Точка G (сырьевая смесь):

Количество: 0,10 кг/кг клинкера
Температура: 860°C
Энергоемкость: 112,86 кДж (27 ккал)/кг клинкера

40

Точка G (газообразные продукты сгорания):

Количество: 1,2 м³ (н.у.)/кг клинкера
Температура: 860°C
Энергоемкость: 1554,96 кДж (372 ккал)/кг клинкера

45

50

Энергетический баланс каждой из трех стадий подогрева является следующим:

Первая стадия (электрофильтр)

Входящий поток (кДж (ккал)/кг обрабатываемой сырьевой смеси): 1178,76 (282)

(Точка D, газообразные продукты сгорания) + 75,24 (18) (Точка D, сырьевая смесь) + 100,32 (24) (Точка А, сырьевая смесь) = 1354,32 (324).

Выходящий поток (ккал/кг обрабатываемой сырьевой смеси): 693,88 (166) (Точка В, газообразные продукты сгорания) + 660,44 (158) (Точка С, сырьевая смесь) = 1354,32 (324).

Вторая стадия (циклон I)

Входящий поток (ккал/кг обрабатываемой сырьевой смеси): 1613,48 (386) (Точка Е, газообразные продукты сгорания) + 108,68 (26) (Точка Е, сырьевая смесь) + 680,44 (158) (Точка С, сырьевая смесь) = 2382,6 (570).

Выходящий поток (ккал/кг обрабатываемой сырьевой смеси): 1178,76 (282) (Точка D, газообразные продукты сгорания) + 75,24 (18) (Точка D, сырьевая смесь) + 1128,6 (270) (Точка F, сырьевая смесь) = 2382,6 (570).

Третья стадия (циклон II)

Входящий поток (ккал/кг обрабатываемой сырьевой смеси): 1128,6 (270) (Точка F, сырьевая смесь) + 1554,96 (372) (Точка G, газообразные продукты сгорания) + 112,86 (27) (Точка G, сырьевая смесь) = 2796,42 (669).

Выходящий поток (ккал/кг обрабатываемой сырьевой смеси): 1613,48 (386) (Точка Е, газообразные продукты сгорания) + 108,68 (26) (Точка Е, сырьевая смесь) + 1070,08 (256) (Точка H, сырьевая смесь) = 2792,24 (668).

Различие между значением для входящего потока и выходящего потока (1 ккал/кг клинкера), которую наблюдают на третьей стадии, является результатом приближенности расчетов.

Вышеприведенные значения температур газообразных потоков и пыли показывают, что теплообмен, который можно получить в установке по данному изобретению, сравним с теплообменом 6-ступенчатого циклонного суспензионного подогревателя известного уровня техники. В частности, расчеты данного примера показывают, что в установке по данному изобретению термического равновесия между подогретой сырьевой смесью и газообразными продуктами сгорания на выходе электрофилтра достигают при температуре примерно 308°C. Эта величина сопоставима с величиной, которой сырьевая смесь достигает через 3-4 стадии циклонов в 6-ступенчатом подогревателе в обычной установке для получения клинкера. Возможность использования суспензионного подогревателя, имеющего на 3-4 циклонных ступени меньше, означает уменьшение высоты опорной конструкции для подогревателя примерно до 45-50 м, поскольку электрофилтр устанавливают на земле, а транспортировку пыли из электрофилтра в 3-ступенчатый циклонный подогреватель осуществляют с помощью пневматической или механической системы (элеватора).

ПРИМЕР 2

Было проведено испытание установки по данному изобретению, содержащей 4-ступенчатый циклонный суспензионный подогреватель, электрофилтр и систему восстановления NO_x.

Очищенные газообразные продукты сгорания, выходящие из электрофилтра, подвергали селективному каталитическому восстановлению в подходящем устройстве СКВ. Селективное каталитическое восстановление проводили при температуре примерно 320°C, в присутствии NH₃ в качестве восстанавливающего агента (100-150 мг/м³ (н.у.), значение приведено по отношению к безводным газообразным продуктам сгорания и 10% об. O₂). Аммиак присутствовал в газообразных продуктах сгорания, поскольку его получали из сырья.

Очищенные газообразные продукты сгорания, выходящие из электрофилтра и направляемые в устройство СКВ, имели концентрацию пыли (сырьевой смеси) примерно 5 г/м^3 (н.у.) и температуру примерно 350°C . В газообразных продуктах сгорания присутствовал также SO_2 в высокой концентрации ($100\text{--}200 \text{ мг/м}^3$ (н.у.)), значение приведено по отношению к безводным газообразным продукты сгорания и 10% об O_2).

При проведении испытаний на эффективность восстановления NO_x оценивали потребление электрической энергии на очистку катализатора сжатым воздухом, нагрузочные потери, вызванные забиванием катализатора, продолжительность работы катализатора и возникновение проблем с работой вращающейся печи.

Результаты, полученные при проведении испытания вышеуказанной установки (обозначенной в таблице 1 «Установка по данному изобретению») приведены в нижеследующей таблице 1 совместно с данными, относящимися к СКВ обработке газообразных продуктов сгорания из установки для получения клинкера обычного типа (обозначенной в Таблице 1 как «Обычная установка»). В обычной установке газообразные продукты сгорания, подвергаемые СКВ обработке, поступают из 5-ступенчатого циклонного суспензионного подогревателя и имеют температуру примерно 310°C . Концентрация пыли в газообразных продуктах сгорания, обрабатываемых в системе СКВ, составляла более 70 г/м^3 (н.у.). В газообразных продуктах сгорания обычной установки присутствовали также небольшие концентрации NH_3 и SO_2 , происходящих из исходного сырья. Для того, чтобы проводить процесс СКВ в условиях, как можно более близким к условиям, существующим в установке по данному изобретению, впоследствии к обрабатываемому газообразному потоку добавляли дополнительное количество NH_3 .

Таблица 1			
Параметр	Единица измерения	Установка по данному изобретению	Обычная установка
Температура	$^\circ\text{C}$	320	310
Эффективность восстановления NO_x	%	99	>90
Система очистки	кВт ч/т клинкера	0,2 (периодического действия)	2(непрерывная)
Срок службы катализатора	---	>5 лет	3-5 лет
Перерывы в работе вращающейся печи	---	Отсутствуют	Частые
Нагрузочные потери	---	В соответствии с проектом	Постепенно возрастают из-за забивания слоя катализатора

Результаты таблицы 1 демонстрируют, насколько установка и способ по данному изобретению позволяют увеличить также и эффективность системы обработки СКВ по сравнению с аналогичной обработкой, заложенной в обычной установке для получения клинкера.

Эти результаты также показывают, что установка по данному изобретению отличается превосходной регулярностью работы и низким потреблением энергии, связанным с очисткой катализатора.

Наконец, следует отметить, что достаточно осуществить самое умеренное удаление пыли из газообразных продуктов сгорания с помощью электрофилтра (до концентраций порядка граммов), чтобы получить существенное увеличение эффективности устройства СКВ.

Формула изобретения

1. Установка для получения клинкера из сырьевой смеси, содержащая: вращающуюся печь (8), в частности прекальцинатор, многоступенчатый циклонный подогреватель (9), присоединенный к указанной вращающейся печи (8) ниже по ходу потока относительно направления потока газообразных продуктов (11) сгорания, 5 происходящего в указанной вращающейся печи (8), электрофильтр (10), присоединенный к указанному подогревателю (9) ниже по ходу потока относительно указанного направления потока газообразных продуктов (11) сгорания, отличающаяся тем, что она выполнена с первым входным отверстием (17) для ввода 10 сырьевой смеси в указанные газообразные продукты (11) сгорания, причем указанное входное отверстие (17) расположено ниже указанного подогревателя (9) и выше указанного электрофильтра (10) по ходу потока, относительно указанного направления потока газообразных продуктов (11) сгорания, и со вторым входным отверстием (18) для подачи частично подогретой сырьевой смеси (14) из указанного 15 электрофильтра (10) в указанный подогреватель (9).

2. Установка по п.1, дополнительно включающая средства очистки очищенных от пыли газообразных продуктов сгорания, выходящих из электрофильтра, от дополнительных загрязняющих веществ и/или средства рекуперации их тепла.

3. Установка по п.2, в которой средства очистки очищенных от пыли газообразных продуктов сгорания, выходящих из электрофильтра, включают средство снижения содержания NO_x , предпочтительно устройство селективного каталитического восстановления, работающее с восстанавливающими добавками.

4. Установка по п.2, в которой средства очистки очищенных от пыли газообразных продуктов сгорания, выходящих из электрофильтра, включают устройство снижения содержания оксидов серы, в частности SO_2 , предпочтительно устройство для введения в очищенные от пыли газообразные продукты сгорания соединений на основе оксида и/или гидроксида кальция.

5. Установка по п.2, в которой средства рекуперации тепла, содержащегося в газообразных продуктах сгорания, включают теплообменник и/или градирню.

6. Установка по п.1, в которой второе входное отверстие (18) расположено в промежуточном положении между двумя циклонами, предпочтительно между первым и вторым циклонами.

7. Установка по одному из пп.1-6, в которой длина пути, соединяющего входное отверстие (17) для ввода сырьевой смеси (22) в газообразные (11) продукты сгорания и входное отверстие (13) для ввода частично подогретой сырьевой смеси (14) во взвешенном состоянии в электрофильтр (10), такова, что частично подогретая 40 сырьевая смесь (14), поступающая в подогреватель (9), имеет температуру 250-400°C, предпочтительно 270-360°C.

8. Способ получения клинкера из сырьевой смеси в установке, содержащей вращающуюся печь (8), в частности прекальцинатор, многоступенчатый циклонный подогреватель (9) и электрофильтр (10), включающий следующие стадии:

а) подачу газообразных продуктов (11) сгорания из вращающейся печи (8) в подогреватель (9), в направлении снизу вверх;

б) смешивание сырьевой смеси (22) с газообразными продуктами (11) сгорания, выходящими из подогревателя (9), с подогреванием сырьевой смеси (14) посредством 50 контакта с газообразными продуктами (11) сгорания, и образование потока газа, содержащего частично подогретую сырьевую смесь (14) во взвешенном состоянии;

с) подачу потока, полученного на стадии (б), в электрофильтр (10), и отделение частично подогретой сырьевой смеси (14) от очищенного от пыли потока

газообразных продуктов (15) сгорания;

д) подачу частично подогретой сырьевой смеси (14), полученной на стадии (с), в подогреватель (9), и подогревание сырьевой смеси (14) посредством контакта в противотоке с потоком газообразных продуктов (11) сгорания, протекающим снизу
5 вверх;

е) подачу подогретой сырьевой смеси (16), полученной на стадии (д), во вращающуюся печь (8) для последующего получения клинкера.

9. Способ по п.8, в котором частично подогретая сырьевая смесь (14), которую
10 подают в подогреватель (9) на стадии (д), имеет температуру 250-400°C, предпочтительно 270-360°C.

10. Способ по п.8, дополнительно включающий следующую стадию:

ф) осуществление дополнительных видов обработки для очистки от загрязняющих
15 веществ и/или для рекуперации тепла очищенных от пыли газообразных продуктов (15) сгорания, выходящих из электрофильтра (10).

11. Способ по п.10, в котором стадия (ф) включает обработку для снижения содержания NO_x, предпочтительно посредством процесса селективного каталитического восстановления.

20 12. Способ по п.10, в котором стадия (ф) включает обработку для снижения содержания оксидов серы, в частности SO₂, предпочтительно посредством введения в очищенные от пыли газообразные продукты (15) сгорания соединений на основе оксида и/или гидроксида кальция.

25 13. Способ по одному из пп.10-12, в котором стадия (ф) включает обработку для рекуперации тепла, содержащегося в очищенных от пыли газообразных продуктах (15) сгорания, посредством по меньшей мере одного теплообменника (20) и/или по меньшей мере одной градирни (21).

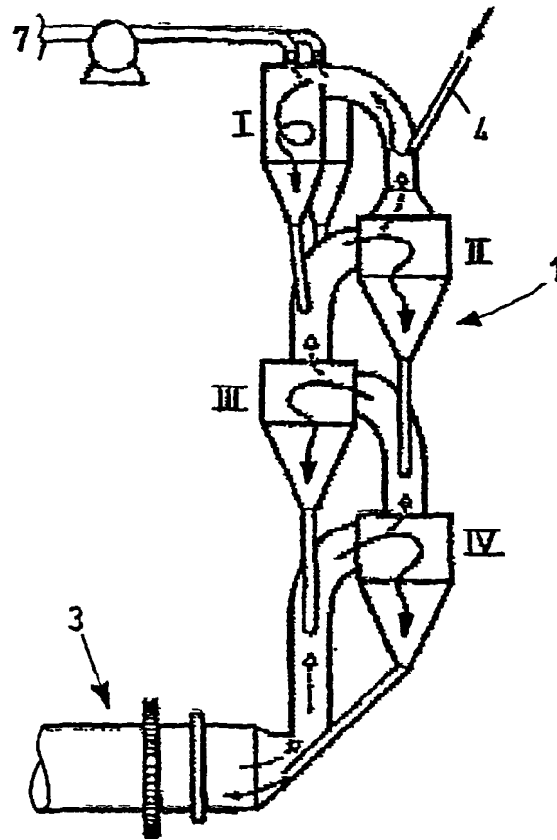
30

35

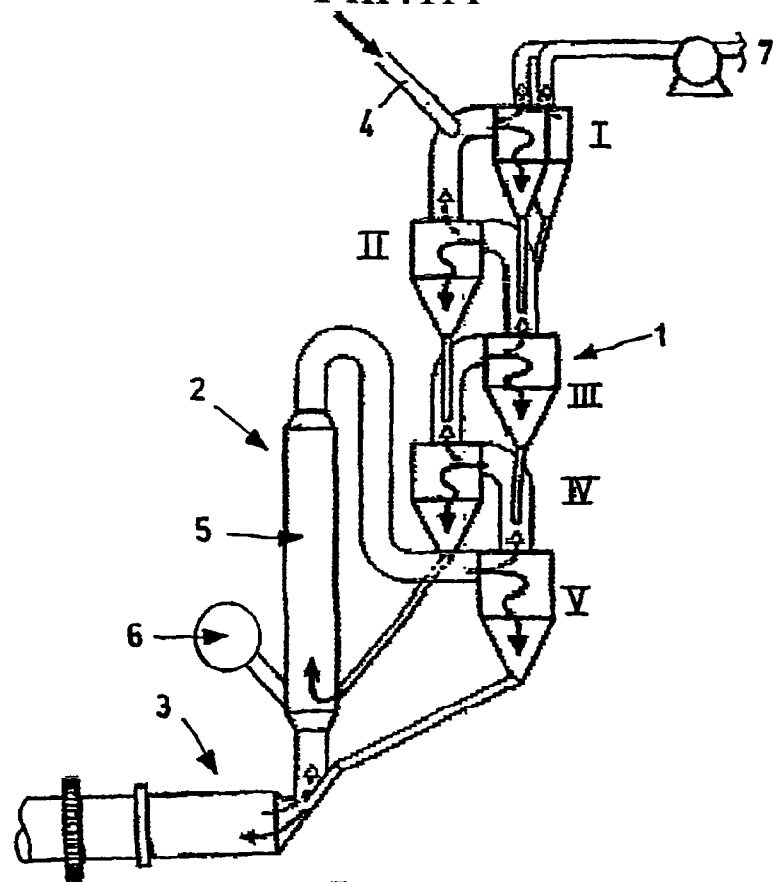
40

45

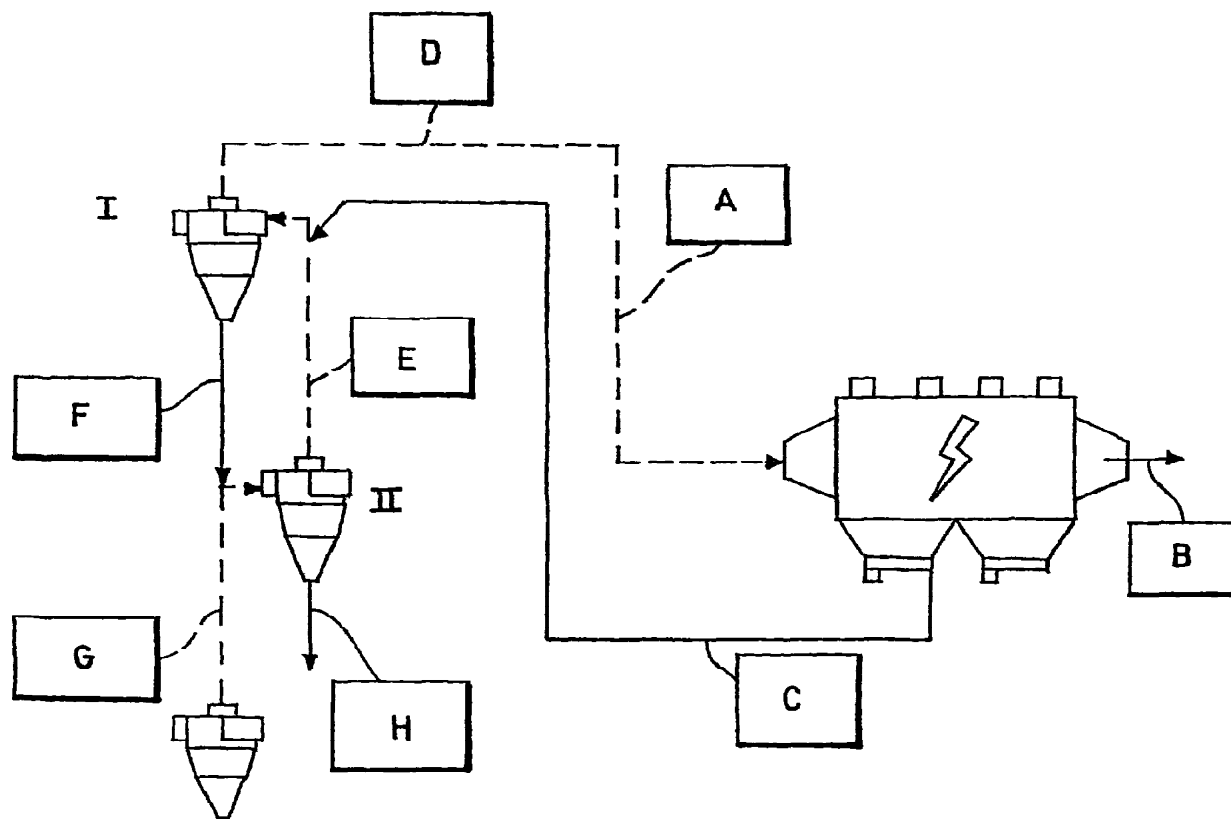
50



Фиг.1А



Фиг.1В



Фиг.3