



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 47400

(13) C2

(51) 6 C04B7/44

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) СПОСІБ РЕГУЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ В ОБПАЛЮВАЛЬНІЙ ПЕЧІ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ЦЕМЕНТНОГО КЛІНКЕРУ І СПОСІБ ВИРОБНИЦТВА ЦЕМЕНТНОГО КЛІНКЕРУ

1

(21) 96103861
(22) 18 04 1995
(24) 15 07 2002
(86) PCT/DK95/00160, 18 04 1995
(31) 459/94
(32) 21 04 1994
(33) DK
(46) 15 07 2002, Бюл. № 7, 2002 р
(72) Хандебол Сорен, DK
(73) Ф Л СМІДТ І КО А/С, DK
(56) Заявка DE 2714811, МПК C04B7/44, 1977
(57) 1 Способ регулирования температуры в обжиговой печи для производства цементного клинкера, **отличающийся** тем, что относительно промежутка времени (t) измеряют содержание серы S(t), выходящей из обжиговой печи или поступающей в обжиговую печь, после чего ввод топлива в обжиговую печь регулируют таким образом, чтобы в отношении серы, поступающей в обжиговую печь, поддерживался требуемый коэффициент испарения серы E
2 Способ по п. 1, **отличающийся** тем, что содержание серы S_{печн газ} (t) измеряют в отходящем из обжиговой печи газе
3 Способ по п. 1, **отличающийся** тем, что содержание серы S_{цикл} (t) измеряют в потоке материала, загружаемого в обжиговую печь
4 Способ по одному из пп. 1-3, **отличающийся** тем, что температура в зоне обжига обжиговой

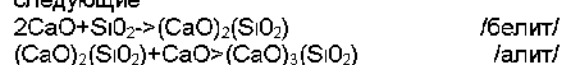
2

печи находится в пределах 1100-1500°C
5 Способ по одному из пп. 1-3, **отличающийся** тем, что температура в зоне обжига обжиговой печи находится в пределах 1100-1350°C
6 Способ по одному из пп. 1-3, **отличающийся** тем, что температура в зоне обжига обжиговой печи находится в пределах 1275-1325°C
7 Способ производства цементного клинкера, в котором сырьевую муку вначале подают в подогреватель, а затем, при необходимости, в кальцинатор, после чего ее подвергают окончательному обжигу в обжиговой печи, при этом регулируют температурный режим в обжиговой печи, **отличающийся** тем, что между обжиговой печью и подогревателем устанавливают измерительное устройство, предназначенное для регистрации количества серы, выходящей из обжиговой печи и поступающей в обжиговую печь, а температурный режим в обжиговой печи регулируют скоростью подачи топлива в обжиговую печь в зависимости от измеренного количества серы
8 Способ по п. 7, **отличающийся** тем, что измерительное устройство устанавливают в канале для отвода из обжиговой печи отходящих газов
9 Способ по п. 7, **отличающийся** тем, что измерительное устройство устанавливают в канале для ввода в обжиговую печь исходного материала

Настоящее изобретение относится к способу регулирования температуры в обжиговой печи для производства цементного клинкера

Широко известно, что производство цемента связано с использованием ряда сырьевых материалов, в частности, извести /CaCO₃/, глины, песка, тонко измельченного серного колчедана, зольной пыли и других материалов, которые подвергаются смешиванию и совместному помолу с целью получения сырьевой муки, в которой содержание оксидов /CaO, SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃/ должно конкретно выдерживаться в относительно узких границах. Затем сырьевая мука подвергается

предварительному нагреву и кальцинационному обжигу, в процессе которого удаляются H₂O и CO₂. Затем между оксидами происходит ряд реакций, первыми и основными из которых являются следующие



Эти реакции между твердыми веществами протекают в расплавленной массе, причем для образования расплавленной массы необходимо присутствие оксидов алюминия и железа

Для любого процесса обжига общей целью является обеспечение возможности получения

(13) C2

(11) 47400

(19) UA

достаточного количества элита и, в то же время, сокращение объема свободного, еще не израсходованного CaO до приемлемо низкого уровня. Как правило, процесс обжига имеет место во вращающейся обжиговой печи, а конечная реакция протекает в зоне горения вращающейся обжиговой печи, причем управление процессом реакции производится температурной регулировкой, осуществляемой регулированием скорости горения и параметров пламени. Для обычных типов клинкера температура в процессе обжига достигает 1400-1450 °C.

Следовательно, возникает необходимость в проведении измерений, обеспечивающих непрерывную индикацию температуры в обжиговой печи и, следовательно, отслеживание состава и качества клинкера, однако до настоящего времени не представлялось возможным измерять интересующую температуру непосредственным образом.

Термопары /Pt - Pt Rh/ не возможно установить таким образом, чтобы исключить возможность их разрушения за короткий промежуток времени в результате их контактирования с твердым клинкером.

Радиационные пирометры могут быть использованы, но лишь в том случае, если в зоне обжига хорошая видимость, что, однако, является редким случаем, поскольку процесс обжига неизбежно сопровождается запыленностью.

Косвенный сигнал, широко применяемый для индикации температуры, представляет собой измеряемый эквивалент силы, используемой для обеспечения вращения обжиговой печи. Возможность применения такого сигнала объясняется тем, что с повышением температуры клинкера увеличивается количество образующейся расплавленной массы и, следовательно, все больше загрузки увлекается вверх вдоль стенки вращающейся обжиговой печи в процессе ее вращения. В результате увеличивается момент силы /сила \times плечо/, что, в свою очередь, приводит к увеличению мощности, необходимой для обеспечения вращения обжиговой печи. Однако момент силы является сигналом относительным и зависящим от множества факторов произвольного перекося при образовании корки, адгезионных свойств исходных материалов по всей длине обжиговой печи и т.д. Следовательно, не представляется возможным точно определить момент, который обеспечил бы достаточный обжиг.

Другой метод измерения температуры в зоне горения предполагает замеры выбросов NO_x из обжиговой печи. Образование NO_x в зоне обжига конкретно обусловлено уровнем температуры в пламени и зависит при непрерывном производстве и неизменных параметрах горелки только от избыточного воздуха, необходимого для поддержания процесса обжига, и, поскольку общей задачей является поддержание расхода избыточного воздуха постоянным, выделение NO_x является непосредственной мерой температуры обжига. Как показывает практика, в течение многих лет работа обжиговых печей основана на замерах NO_x , причем управление осуществляется как вручную, так и автоматически, например, с применением размытой логики.

Однако общепризнанным является тот факт, что выделение NO_x оказывает вредное воздействие на окружающую среду, поэтому многочисленные усилия направлены на сокращение выделения NO_x вообще и от вращающейся обжиговой печи цементного печного агрегата в частности.

Эти меры существенно снижают возможности управления работой обжиговой печи. Наилучшим образом это видно из анализа кривой образования NO_x в функции температуры T , °C /см. фиг. 1/. Эта кривая выводится путем измерения образования NO_x в функции конечной температуры клинкера, увязанной с конкретными параметрами пламени.

При обжиге обычного клинкера имеется рабочая точка, которая занимает приблизительно то же положение, что и точка А. В данном случае образование NO_x обусловлено по существу тепловой природой, т.е. атом азота в NO_x появляется из N_2 воздуха, и отклонения от целевой температуры в ту или иную сторону находят заметное отражение в значительном изменении количества образующегося NO_x .

При введении мер, направленных на снижение уровня NO_x , что соответствует более низкой температуре в обжиговой печи, рабочая точка приблизится к В, где образование NO_x обусловлено главным образом сгоранием топлива. Вблизи точки В температурная зависимость образования NO_x является пренебрежимо малой, и на практике измерение NO_x как регулирующего параметра в режиме работы с низким содержанием NO_x не может быть использовано.

Помимо уменьшения выделения NO_x , при снижении температуры пламени достигается экономия энергии, что обуславливает особую целесообразность эксплуатации обжиговой печи именно в таких рабочих режимах.

С целью получения рабочих режимов с низкой степенью выделения NO_x может быть использована дополнительная возможность удлинения времени горения в обжиговой печи, например, путем уменьшения первичного воздушного потока или первичной скорости горения горелки. При использовании этого метода клинкер будет иметь более низкую конечную температуру, однако, с другой стороны, клинкер требует большего времени пребывания в печи при температурах, превышающих ту минимальную границу, при которой может иметь место образование элита.

Другой метод получения рабочих режимов с низкой степенью выделения NO_x и необходимой при этом более низкой температуры пламени предполагает введение минерализующей добавки в сырьевую муку, что приводит к снижению температуры, необходимой для образования элита. Добавление серы и фторидов предполагает, например, что процесс обжига клинкера может иметь место при температуре, которая приблизительно на 125°C ниже нормальной, т.е. при 1275-1325°C.

Таким образом, задачей настоящего изобретения является обеспечение возможности регулирования температуры в обжиговой печи и, следовательно, процесса производства клинкера, получаемого в печи для обжига цемента, с одновременным уменьшением степени выделения NO_x .

из обжиговой печи до абсолютного минимума

Эта задача достигается способом регулирования температуры в обжиговой печи для производства клинкера, причем в соответствии с изобретением, относительно промежутка времени (t) измеряют содержание серы $S(t)$, выходящей из обжиговой печи или поступающей в обжиговую печь, после чего ввод топлива в обжиговую печь регулируют таким образом, чтобы в отношении серы, поступающей в обжиговую печь, поддерживался требуемый коэффициент испарения серы E

Содержание серы $S_{\text{печн. газ}}^{(t)}$ целесообразно измерять в отходящем из обжиговой печи газе, а содержание серы $S^{(t)}$ цикл - в потоке материала, загружаемого в обжиговую печь

Предпочтительно, чтобы температура в зоне обжиговой печи находилась в пределах 1100-1500°C, 1100-1350°C или 1275-1325°C

Известен способ управления или регулирования работой устройства для подогрева и кальцинирования цементных материалов, содержащих горючие вещества (выложенная заявка ФРГ №2714811, МКИ2 С04В 7/44)

Недостатком способа получения цементного клинкера у прототипа является то, что регулирование температуры в обжиговой печи для производства цементного клинкера осуществляется путем измерения температуры отходящих из обжиговой печи газов с помощью датчика температуры

Такой способ измерения не обеспечивает непрерывную индикацию температуры в обжиговой печи и непрерывное отслеживание состава цементного клинкера

Способ, предлагаемый настоящим изобретением, так же, как и у прототипа, предусматривает загрузку исходных материалов в подогреватель и кальцинатор, но температурный режим процесса производства цементного клинкера обеспечивается измерительным устройством, непрерывно регистрирующим количество серы, в зависимости от которого регулируется скорость подачи топлива в обжиговую печь

Еще одной задачей настоящего изобретения является создание способа производства цементного клинкера

Эта задача достигается способом производства цементного клинкера, в котором сырьевую муку в начале подают в подогреватель, а затем, при необходимости, в кальцинатор, после чего ее подвергают окончательному обжигу в обжиговой печи, при этом регулируют температурный режим в обжиговой печи, отличающийся тем, что между обжиговой печью и подогревателем устанавливают измерительное устройство, предназначенное для регистрации количества серы, выходящей из обжиговой печи и поступающей в обжиговую печь, а температурный режим в обжиговой печи может регулироваться скоростью подачи топлива в обжиговую печь в зависимости от измеренного количества серы

При этом измерительное устройство может быть установлено в канале для отвода из обжиговой печи отходящих газов, или в канале для ввода в обжиговую печь исходного материала

Ниже следует более подробное описание изобретения, ведущееся со ссылками на чертежи, на

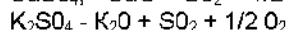
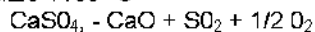
которых представлены

фиг 1 - количество образующегося MO_x в функции температуры,

фиг 2 - коэффициент испарения E в функции температуры,

фиг 3 - элементарное схематическое изображение массового расхода в установке для производства цемента

В данном случае термин "испарение" применяется для обозначения реакций разложения, которые по существу имеют место при температурах свыше 1100°C



Коэффициент испарения E определяется как часть серы S , которая подается в зону обжига печи вместе с кальцинированными исходными материалами и которая подвержена испарению. Этот коэффициент вызывает особый интерес, поскольку он существенно увеличивается, когда температура находится в пределах 1100-1500°C /см. фиг 2/, и поскольку именно этот температурный диапазон используется для осуществления процесса обжига клинкера

Выражение для коэффициента испарения E может быть найдено путем установления двух массовых балансов для установки, применяемой для производства цементного клинкера /см. фиг 3/

В состав такой установки входят система I, где исходные материалы приготавливаются для обжига, и система II, в которой происходит собственно обжиг. Система I преимущественно может содержать подогреватель циклонного типа и, возможно, кальцинатор, а система II преимущественно может содержать вращающуюся обжиговую печь

Содержание серы в различных потоках, т.е. то количество серы S , которое поступает в обе системы I и II и выводится из них, может измеряться в килограммах серы в час или в килограммах серы на килограмм клинкера, получаемого на выходе установки. Измерительный прибор на чертежах не показан

В систему I подаются исходные материалы 1 с содержанием серы $S_{\text{исх}}$ и отходящие газы 2 с содержанием серы $S_{\text{печн. газ}}$, поступающие из вращающейся обжиговой печи

С вторичным топливом в кальцинатор или через вертикальный трубопровод в точке 3 также может поступать сера $S_{\text{втор. топл}}$

Из системы I отводится поток охлажденных отходящих газов 4 с содержанием серы $S_{\text{отх. газ}}$, а в обжиговую печь поступают, нормально из циклона, потоки 5 предварительно кальцинированного или просто подогретого исходного материала с содержанием серы $S_{\text{цикл}}$

Входные потоки, поступающие в систему II, состоят из предварительно подогретого или предварительно кальцинированного материала 5 с содержанием серы $S_{\text{цикл}}$ и печного топлива 6, т.е. первичного топлива, с содержанием серы $S_{\text{перв. топл}}$

Выходные потоки состоят из отходящих газов 2 с содержанием серы $S_{\text{печн. газ}}$ выходящих из обжиговой печи, и готового клинкера 7 с содержанием серы $S_{\text{клинкер}}$

Коэффициент испарения E представляет в любой конкретный момент времени отношение между количеством серы, которое испаряется в зоне обжига, и количеством твердой, связанной серы, которое проходит в зону обжига. Однако возможности измерения содержания серы в этих двух представляющих интерес потоках в зоне обжига не существует.

И все же ситуация будет такой, когда количество серы, которая испаряется в зоне обжига, будет приблизительно равно количеству серы, которое отводится из обжиговой печи с потоком 2, т.е. $S_{\text{печн. газ}}$ минус то дополнительное количество, которое привносится вместе с первичным топливом, т.е. $S_{\text{перв. топл}}$ а количество твердой, связанной серы, которое проходит в зону обжига, будет приблизительно равно количеству, которое поступает из системы I с потоком 5, т.е. $S_{\text{цикл}}$. Это предполагает, что

$$E = \frac{S_{\text{печн. газ}} - S_{\text{перв. топл.}}}{S_{\text{цикл.}}}$$

Содержание серы в первичном топливе будет постоянным для конкретного вида топлива, следовательно, количество серы $S_{\text{перв. топл}}$ известно, если известен расход топлива за промежуток времени t . Из-за отклонений в количестве серы, вводимой в зону обжига, и изменений температуры в зоне обжига, с изменением указанного промежутка времени будет меняться и количество серы $S_{\text{цикл}}$. Во вращающейся обжиговой печи, где прохождение материала от загрузочного отверстия печи, где и измеряется количество серы $S_{\text{цикл}}$, до зоны обжига может занимать относительно продолжительное время, при проведении замеров при измерении количества серы $S_{\text{печн. газ}}$, которое производится почти мгновенно, следует применять задержку во времени τ , что означает

$$E(t) = \frac{S_{\text{печн. газ}}(t) - S_{\text{перв. топл.}}(t)}{S_{\text{цикл.}}(t - \tau)}$$

В любой конкретный момент времени количество серы, вводимой в обжиговую печь с потоком 5, может считаться грубо равной сумме количества серы, которое проходит с потоками 7 $/S_{\text{исх.}}$, 2 $/S_{\text{печн. газ}}$ и 3 $/S_{\text{втор. топл.}}$, но минус количество серы, которое выходит с потоком 4 $/S_{\text{отх. газ}}$ и все же, в большинстве обжиговых печных системах содержание серы в последнем потоке, $S_{\text{отх. газ}}$, будет равно 0

$$S_{\text{цикл.}} = S_{\text{исх.}}(t) + S_{\text{печн. газ}}(t) + S_{\text{втор. топл.}}(t)$$

или

$$S_{\text{печн. газ}} = S_{\text{цикл.}}(t) - S_{\text{исх.}}(t) - S_{\text{втор. топл.}}(t)$$

Отсюда следует, что $E(t)$ может быть рассчитан путем измерения содержания серы в отходящем газе, выходящем из обжиговой печи, и путем измерения содержания серы в материале, подаваемом в печь

$$/A/ \quad E(t) = \frac{S_{\text{печн. газ}}(t) - S_{\text{перв. топл.}}}{S_{\text{исх.}}(t - \tau) + S_{\text{печн. газ}}(t - \tau) + S_{\text{втор. топл.}}(t - \tau)}$$

или

$$/B/ \quad E(t) = \frac{S_{\text{цикл.}}(t) - S_{\text{исх.}}(t) - S_{\text{втор. топл.}}(t)}{S_{\text{цикл.}}(t - \tau)}$$

Эти два выражения имеют ценность лишь в том случае, когда обжиговая печь является вращающейся, однако подобные выражения не могут быть разработаны для других обжиговых печей, например, стационарных обжиговых печей.

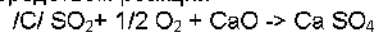
Вообще, нет надобности помещать измеритель SO_2 в канал для отвода из обжиговой печи отходящего газа. Это объясняется тем, что выделение печной системой в атмосферу этого вредного газообразного компонента ни коим образом не связано с измеряемой величиной $S_{\text{печн. газ}}$ ввиду почти 100-процентной эффективности поглощения SO_2 на ранней стадии предварительного подогрева или в кальцинаторе, где присутствует относительно большое количество избыточного воздуха.

Вообще, не сложно определить те дополнительные количества серы, которые привносятся исходными материалами и топливом в общее количество серы, на основе текущего анализа и дозы загрузки.

Затем может быть рассчитан $E(t)$, либо на базе выражения $/A/$, основанном на измерении содержания SO_2 в отходящем из обжиговой печи газе, $S_{\text{печн. газ}}$, либо на базе выражения $/B/$, если содержание серы замеряется в потоке, который после кальцинатора из разделительного циклона проходит в обжиговую печь, т.е. $S_{\text{цикл}}$.

Поскольку SO_2 является единственным серным компонентом, присутствующим в избыточном воздухе при высокой температуре, наиболее простым способом измерения $S_{\text{печн. газ}}$ является установка измерителя SO_2 , который осуществляет непрерывный анализ отходящего из обжиговой печи газа, в выходном отверстии печи.

Основным источником погрешности, связанным с осуществлением предложенного способа, является то, что кальцинированная сырьевая мука в результате присутствующих завихрений вовлекается в поток отходящего газа, в результате чего диоксид серы вступает в химическое соединение посредством реакции



Если пробу отходящего газа подвергнуть очистке и охлаждению водой, что является в некоторых системах основным рабочим принципом, часть объема SO_2 может также оказаться связанной водой, которая, ввиду присутствия CaO , является щелочной. В результате этого сигнал газоанализатора будет слишком слабым.

Однако, если уделять этим источникам погрешности должное внимание, всегда можно допустить, что будет теряться определенная часть объема SO_2 , и, следовательно, указанный сигнал все же может быть использован для регулирования температуры, поскольку реальное количество испаряющегося SO_2 пропорционально измеренному количеству SO_2 ,

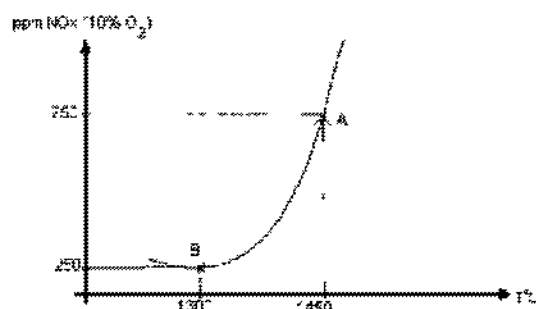
$$S_{\text{измерен. печн. газ}} = \text{постоянная печн.} \times S_{\text{печн. газ}}$$

Предложенный способ не может быть использован для осуществления регулирования, если поток SO_2 , выходящий из обжиговой печи,

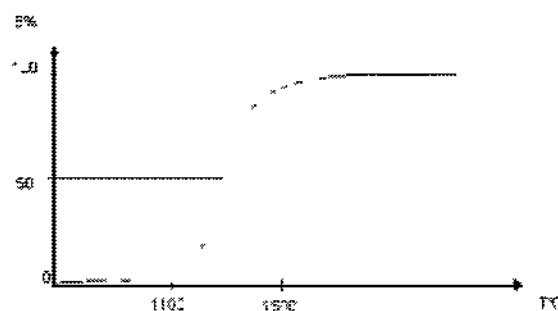
/например, вследствие того, что установлен перепускной канал, предназначенный для уменьшения циркуляции SO_2 и хлоридов в печной обжиговой системе/, имеет размеры, которые настолько ограничены, что приблизительно весь объем диоксида серы поглощается завихренным потоком оксида кальция. Если же в данном случае наблюдается присутствие SO_2 , то это скорее обусловлено выражением, связанным с дефицитом воздуха в обжиговой печи /сравни уравнение /C//, чем высокой температурой в зоне обжига.

Количество серы, поступающей во вращающуюся обжиговую печь, может быть определено несколькими известными способами. Такое опре-

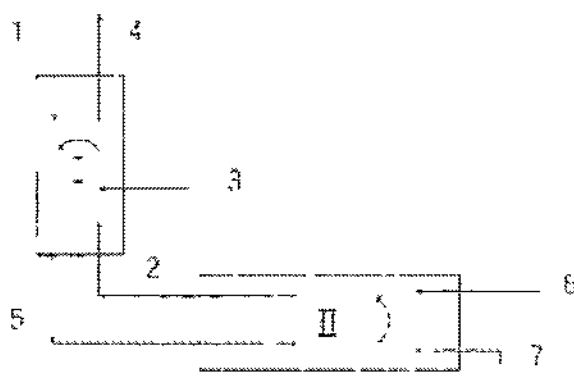
деление может быть осуществлено, например, при помощи такого измерительного устройства как рентгенографический анализатор "Аутокумпо" /Outokumpo/, который способен обеспечить непрерывное определение содержания элементарных железа, кальция и серы в материале, находящемся в циклоне. С этой целью из циклона извлекается подпоток сырьевой муки, который перед подачей в анализатор подвергается охлаждению и уплотнению. Принимаемый сигнал, соответствующий содержанию серы или соотношению сера-кальций, точно указывает на количество серы, которое поступает во вращающуюся обжиговую печь.



Фиг.1



Фиг.2



Фиг.3

ДП «Український інститут промислової власності» (Укрпатент)

вул. Сим'ї Хохлових, 15, м. Київ, 04119, Україна

(044) 456 – 20 – 90

ТОВ «Міжнародний науковий комітет»

вул. Артема, 77, м. Київ, 04050, Україна

(044) 216 – 32 – 71