Содержание

Введение

1. Технологическая часть

1.1 Сырьевые материалы для производства керамзитового гравия

1.2 Процессы, происходящие при сушке

1.3 Процессы, происходящие при обжиге

1.4 Зоны, существующие в печи

1.5 Способы производства керамзитового гравия

2. Расчет теплового баланса вращающейся печи

2.1 Устройство вращающейся печи для обжига керамзитового гравия

2.2 Сырье для производства керамзитового гравия

2.3 Методика составления теплового баланса вращающейся печи

2.4 Расчет теплового баланса вращающейся печи

3. Конструктивная часть

3.1 Устройство и принцип действия вращающейся печи

3.2 Устройство и принцип действия привода печи

3.3 Возможные неисправности в работе печи и способы их устранения

Список используемых источников

Введение

Керамзитовый гравий – искусственный пористый материал ячеистого строения с преимущественным содержанием закрытых пор, полученных путем вспучивания глинистых пород при ускоренном обжиге.

Характерной особенностью керамзитового гравия является его относительно высокая прочность при малом объемном весе.

Процесс изготовления керамзита состоит из следующих основных операций:

* Добычи глинистого сырья, его складирование и доставка к месту производства;
* Переработки сырья и приготовления исходного полуфабриката, пригодного для обжига со вспучиванием;
* Обжига и охлаждения керамзита;
* Сортировки и при необходимости домола заполнителя;
* Складирование и выдачи готового продукта.

Основное оборудование керамзитовых предприятий – оборудование для обжига. В настоящее время наиболее распространен метод обжига керамзитового гравия в одно- и двухбарабанных вращающихся печах. Так же для обжига сыпучих материалов применяют такие установки как печи кипящего слоя.

Достоинство вращающихся печей – возможность получать заполнитель, зерновой состав которого в основном соответствует нормативным требованиям. Поэтому после обжига керамзит лишь сортируют и в отдельных случаях корректируют зерновой состав заполнителя. Тем самым в большинстве случаев сохраняется форма зерен и остается нетронутой дроблением их спекшаяся шероховатая поверхностная корка, отличающаяся более высокой прочностью, чем вспученная масса внутри. Это в значительной степени повышает строительные качества заполнителя и отличает его от аглопоритов, и керамзитового щебня, получаемого при обжиге глинистого сырья на спекательных решетках с последующим дроблением спекшегося «пирога» на щебень.

Другое важное достоинство вращающихся печей состоит в том, что зерна материала в них вспучиваются в свободном объеме, не ограниченном стенками или неподвижной массой таких же зерен.

Керамзит применяется в качестве заполнителя для изготовления несущих строительных конструкций из бетона и железобетона, на теплоизоляционные засыпки и на прочие цели.

1. Технологическая часть

1.1 Сырьевые материалы для производства керамзитового гравия

Практика производства показывает, что для изготовления керамзита наиболее пригодны легкоплавкие глинистые породы, характеризующиеся способностью вспучиваться при обжиге с учетом вводимых добавок и образовывать материалы ячеистой структуры: глина, аргиллит и глинистый, в том числе шунгитсодержащий, сланец и в первую очередь глинистые породы морского. Озерного и озерно-болотного происхождения с преимущественным содержанием глинистых минералов группы монтмориллонита, иллита, хлорита. Глинистые породы должны отвечать следующим основным требованиям:

* Вспучиваться при температуре ниже 1250 0С при интервале вспучивания не менее 50 0С;
* Содержать не более 30% песчаных и пылеватых частиц. А отдельные окислы в следующих пределах: SiO2 – 50-55%, Al2O3 – 15-25%, CaO – до 3%, MgO – до 4%, Fe2O3+FeO – 6,5 – 10%, Na2O+K2O – 3,5-5%;
* Не содержать частиц карбонатов кальция и магния крупнее 0,2мм и гипса;
* Содержать тонкодисперсные органические примеси в пределах 1-2%, однако в некоторых случаях недостаток их может быть восполнен соответствующими добавками (нефтяные продукты и отходы).

Различаясь в условиях ускоренной термической обработки, легкоплавкие глинистые породы вспучиваются за счет давления изнутри газообразных продуктов, выделяющихся в обжигаемой глинистой массе, и образуют стекловидный материал с ячеистой структурой, состоящий из стекловидной и кристаллической фаз.

1.2 Процессы, происходящие при сушке

А. Значение процесса сушки

Сушкой называется процесс удаления влаги из материалов путём её испарения с последующим удалением образовавшихся паров в окружающую среду.

Процесс сушки возможен лишь в том случае, если парциальное давление водяных паров у поверхности высушиваемого материала больше парциального давления водяных паров окружающей среды, т.е. Рм > Рос.

Давление водяного пара в высушиваемом материале зависит от влажности материала, температуры и характера связи влаги с материалом. С увеличением влажности и температуры материала Рм возрастает, а с усилением связи влаги с материалом Рм уменьшается.

Для испарения влаги из материала необходим подвод определённого количества тепла, равный теоретическому расходу на испарение и на компенсацию тепловых потерь, величина которых зависит от способа сушки, конструкции сушилки, формы связи влаги с материалом.

Сушка материалов и изделий может быть естественной и искусственной. Естественная сушка протекает на открытом воздухе, при этом сушильным агентом является атмосферный воздух. Искусственная сушка производится нагретым воздухом или дымовыми газами в сушилках. Тепло к высушиваемому материалу в сушилках может подводиться тремя методами передачи тепла:

●конвекцией – путём омывания материала горячим воздухом или дымовыми газами;

●теплопроводностью – за счёт соприкосновения материала с нагретыми поверхностями сушилки;

●излучением - за счёт облучения материала инфракрасными лучами от электрических или газовых нагревателей.

Режимом сушки называются параметры сушильного агента по времени процесса: температура, относительная влажность и скорость его прохождения около материала. От правильного выбора режима зависят качество и экономичность сушки. Например, для песка быстрая сушка дымовыми газами при начальных температурах 700…900оС вполне допустима, а для керамических изделий сложного профиля, изготовленных из высокочувствительных глин, требуется замедленный процесс при начальных температурах не выше 50оС. При этом во избежание запаривания необходимо быстро удалять с поверхности изделия испаренную влагу, что обеспечивается их обдуванием относительно сухим влагоносителем – воздухом или дымовыми газами.

Б. Связь влаги с материалом

Все материалы, подвергаемые тепловой обработке при производстве строительных изделий, представляют собой неоднородные (гетерогенные) системы, в которых совмещены три фазы агрегатного состояния. Твёрдая фаза – скелет материала, жидкая - влага и газообразная - воздух, пары воды и газы. Твёрдая фаза материала за счёт свободной поверхностной энергии обладает большой адсорбционной способностью поглощать влагу. Эта влага связывается материалом и может им удерживаться.

Влажные материалы в зависимости от их свойств делят на три вида. Первый вид называют коллоидными телами. Они характеризуются эластичными свойствами, сохраняющимися даже при удалении влаги. Это тела типа желатинов – в строительной индустрии практически не применяются. Второй вид представлен капиллярно – пористыми телами, при удалении влаги из них они приобретают хрупкость и могут быть превращены в порошок (кварцевый песок). Третий вид называют капиллярно- пористыми коллоидными телами. При увлажнении они увеличиваются в размерах - набухают. Удаление влаги из таких тел сопровождается усадкой. Причём, удаление влаги связано с нарушением связи влаги с материалом, и на это нарушение необходимо затрачивать определённую энергию.

Именно энергия нарушения связи влаги с материалом была положена академиком А.П. Ребиндером в классификацию форм связи по энергетическому принципу. По этой классификации все формы связи делятся на три группы. К первой группе относят химическую связь влаги с материалом. Вторая представлена физико-химической связью и третья физико-механической связью.

Химическая связь наиболее прочная, поскольку содержащаяся в материале влага является кристаллизационной, которая входит в состав кристаллической решётки материала. Она содержится в строго определённых количественных соотношениях. Такая влага удаляется из материала только при разрушении кристаллической решётки материала при высоких температурах, а именно прокаливании или обжиге. Поглощение материалом жидкости, которая химически связана с материалом, сопровождается контракцией (сжатием, стягиванием) системы. Сущность этого явления объясняется тем, что тело, поглощая жидкость, хотя и увеличивается в размерах, но объём набухшего тела меньше суммы первоначальных объёмов тела и поглощённой влаги. Явление контракции проявляется при затворении небольшим количеством воды цемента, гипса, глины. При введении большего количества воды явление контракции не исчезает, но становится менее заметным. Влага, связанная с материалом физико-химическим способом делится на адсорбционно связанную и осмотически связанную. Под адсорбционно - связанной понимают такую влагу, которая адсорбирована на внешней поверхности под действием силового поля коллоидных частиц – мицелл. Эта влага с поверхности мицелл может частично проникать внутрь мицеллы и образовывать в ней интрамицеллярный слой.

Осмотически связанной называют такую влагу, которая проникает в скелет коллоидного тела путём диффузии за счёт сил осмотического давления. Эту влагу ещё называют влагой набухания. Для разрушения адсорбционных и осмотических связей также нужна большая энергия, однако она значительно меньше, чем для разрыва химических связей. Такая влага может удаляться при температурах не превышающих 100оС.

При физико-механической форме связи влага удерживается в микро – и макрокапиллярах (открытых порах) материала за счёт капиллярного давления и поверхностного натяжения. К макрокапиллярам относятся капилляры, которые имеют радиус более 10–5 см. Эти капилляры не собирают влагу из воздуха, а заполняются ею только при непосредственном соприкосновении. Микрокапилляры с радиусом менее 10–5 см при действии сил капиллярного давления могут заполняться влагой за счёт её сорбции из воздуха, а также при её конденсации на поверхности материала. Влага смачивания связывается с материалом только при прямом соприкосновении. Эта связь самая непрочная и нарушается даже при воздушном хранении материала из-за разности парциальных давлений водяного пара на поверхности материала и в окружающей среде. При производстве строительных изделий применяют термины «свободная влага» и «связанная влага». Под свободной влагой понимают влагу, удаляемую из материала до равновесного состояния с окружающей средой, т.е. до равенства парциальных давлений водяного пара на поверхности материала и в окружающей среде. Связанная влага это адсорбционная, осмотическая и заполняющая микрокапилляры. Материал, хранящийся на воздухе, по своему влагосодержанию находится в неустойчивом равновесии. При увеличении влагосодержания в атмосфере он набирает влагу, а при снижении – отдаёт.

В. Состояние материала в процессе сушки

В процессе сушки из материала удаляют физико-механическую и физико-химическую влагу, связанную с ним. Следовательно, при сушке нарушаются только связи смачивания, капиллярные, структурные, осмотические и адсорбционные.

Рассмотрим влажный материал в процессе сушки как систему, состоящую из сухого материала и воды.

Gвм = Gсм + W,

где Gвм - масса влажного материала;Gсм – масса сухого материала; W – масса физико-химической и физико-механической связанной влаги. Примечание: только для процесса сушки под абсолютно сухим материалом понимают то состояние, когда масса высушенного материала будет складываться из массы сухого материала и массы физико-химической влаги.

Различают три состояния материала по отношению к окружающей среде: влажное, равновесное и гигроскопическое. 1. Под влажным понимают такое, при котором парциальное давление водяных паров на поверхности материала выше, чем парциальное давление водяных паров в окружающей среде. При этих условиях материал отдаёт влагу. Воздух, окружающий материал, ассимилирует влагу и постепенно насыщается ею. 2. Равновесное состояние соответствует равенству парциальных давлений водяных паров на поверхности материала и в окружающей среде. В этом случае сушки не происходит. 3 Гигроскопическое состояние материала, при котором парциальных давлений водяных паров на поверхности материала меньше, чем парциальных давлений водяных паров в окружающей среде, нехарактерно и может быть получено искусственно. В этом случае материал начинает сорбировать влагу из окружающей среды и постепенно переходить в равновесное состояние.

Для того чтобы иметь представление о влажном состоянии материала и его взаимодействии с окружающей средой рассмотрим неограниченную пластину, вырезанную из влажного изделия.

Кривая распределения влаги в материале

По оси Х отложена ширина пластины, равная 2Х, а по оси У – влагосодержание U. Начальное влагосодержание пластины U n0 постоянно по всему поперечному сечению пластины и показано пунктиром. Пластина помещена в условия, в которых парциальное давлений водяных паров меньше, чем на её поверхности. С поверхности пластины, соприкасающейся с окружающей средой, начинается испарение влаги W (показано стрелками); эта влага будет ассимилироваться окружающей средой. Испарение влаги с поверхностей пластины сопровождается уменьшением их влагосодержания. Появляется перепад влагосодержаний между центром и поверхностями, показанный как ΔU n1. Поэтому к моменту времени τ1 влага в материале распределится по параболе U n1. Возникший перепад влагосодержаний представляет собой градиент потенциала переноса влаги ∇ U, который заставляет влагу продвигаться к поверхности. Поскольку скорость испарения выше скорости диффузии влаги к поверхности, то обязательно возникает перепад влагосодержаний. С увеличением скорости испарения влаги с поверхности изделия увеличивается и перепад влагосодержания внутри изделия и, наоборот, уменьшение скорости испарения влаги ведёт к снижению перепада влагосодержания.

Г. Кинетика сушки материалов

Процесс сушки влажных материалов зависит от формы связи влаги с материалом и режима сушки или условий испарения влаги с поверхности материала. Скорость сушки изменяется с изменением влажности материала.

Если процесс влагоотдачи изобразить графически в координатах влажность материала – время сушки, то получим кривую отдачи влаги, показанную на рис. 1 А.

При внесении материала в сушилку с влажностью W1 в начальный небольшой период времени τ1 почти всё подводимое тепло Q тратится на прогрев материала. В точке В температура поверхности материала tпм достигает точки росы = температуре сушильного агента по мокрому термометру, т.е. (Q≈tпм). Период возрастающей влагоотдачи с одновременным нагревом материала до точки В, где (Q≈tпм) называют первым периодом сушки. Он очень кратковременный и по времени равен значению τ1. От точки В влагосодержание начинает уменьшаться с одинаковой скоростью до точки С, при этом температура материала не меняется, что объясняется испарением влаги с поверхности материала, а такой процесс идёт с расходом теплоты на парообразование. В этот период температура в центре материала постепенно повышается до температуры поверхности. Участок ВС является вторым периодом, который называют периодом постоянной скорости сушки. Точка С, характеризующая окончание периода постоянной скорости сушки соответствует критическому влагосодержанию материала, т.е. в материале прекращается усадка и завершаются процессы структурообразования. По времени этот период соответствует значению τ2.

От точки С до точки D процесс удаления влаги из материала замедляется и кривая на графике приближается к значению Uр – равновесному влагосодержанию (на графике пунктирная линия). Участок СD относится к третьему периоду – периоду падающей скорости сушки. Он самый продолжительный и по времени равен значению τ3. Точка D на графике соответствует среднему конечному влагосодержанию материала Uк. Обычно сушку не ведут до состояния Uк и выгружают материал из установки раньше, чем закончится третий период. Выдают из установки материал при среднем влагосодержании Uв, когда температура поверхности материала равна температуре центра материала, т.е. tпм = tцм.

Скорость сушки dw/dτ, показанная на рис. 1 Б, определяется методом графического дифференцирования как tg угла наклона α касательной в любой точке влагоотдачи.

Максимальное значение скорости сушки наблюдается во втором периоде, когда угол α наибольший. При равновесной влажности Uр угол α = 0, а следовательно, и скорость сушки тоже равна 0.

Раскроем сущность понятия критическое влагосодержание материала. Как было отмечено ранее, в этот момент прекращается усадка, и завершаются процессы структурообразования. В материале образуются поры и капилляры. Усадка идёт только до какого-то определённого влагосодержания. Поэтому устанавливали влагосодержание, при котором усадка в материале заканчивалась. Это влагосодержание для каждого материала своё и называется критическим. Существует мнение, что после достижения критического влагосодержания материал можно сушить как угодно быстро. Но практика показала, что в некоторых случаях он всё-таки растрескивается. Причина такого поведения материала объясняется тем, что критическое влагосодержание для одного и того же материала непостоянно и зависит от режимов сушки. Например, примем за исходное критическое влагосодержание значение Uкр, полученное опытным путём. При более быстрой сушке критическое влагосодержание уже будет другим Uкр\*, станет выше, т.е. Uкр\* > Uкр. При более медленной сушке критическое влагосодержание для этого же материала Uкр\*\* станет меньше Uкр, т.е. Uкр\*\* < Uкр. Эту зависимость необходимо учитывать, назначая режимы сушки изделий.

Усадка и деформации, возникающие в процессе сушки

При сушке керамических и некоторых теплоизоляционных материалов происходит удаление влаги, частицы материала сближаются, и общие размеры изделия сокращаются. Для многих материалов объёмная усадка подчиняется линейному закону. Зависимость между объёмом тела V и его влагосодержанием U выражается формулой

V = V0 (1 + βV U), (1)

где βV = d V / V0 dU – коэффициент объёмной усадки.

В капиллярно-пористых коллоидных телах линейная усадка подчиняется линейному закону

L = L0 (1 + βL U), (2)

где βL = d L / L0 dU – коэффициент линейной усадки, характеризующий интенсивность изменения линейных размеров материала.

Усадка зависит от молекулярной структуры вещества и от видов связи влаги с материалом. Ввиду разного влагосодержания по сечению усадка в материале будет различной, что приводит к развитию объёмно-напряжённого состояния и к растрескиванию. Для объяснения механизма возникновения объёмно-напряжённого состояния рассмотрим сушку изделия в виде пластины длиной L0

Пусть сушка пластины происходит только с двух сторон, остальные поверхности пластины влагоизолированы.

Допустим, что в какой-то момент сушки перепад влагосодержания составляет в пластине ΔU. Представим, что пластина состоит из отдельных бесконечно тонких полосок, которые могут сокращаться самостоятельно. Тогда длина каждой полоски, согласно формуле (2), должна быть пропорциональна влагосодержанию. Однако пластина в реальности целая и не состоит из отдельных полосок, и усадка её заканчивается при длине Lк, что соответствует среднему влагосодержанию. Значит, поверхностные слои пластины сократились до Lк, а должны былибы быть значительно короче. Центральные слои, которые сократились тоже до Lк, должны быть длиннее. Следовательно, в реальной пластине поверхностные слои растянуты, а центральные – сжаты.

Эти напряжения на рисунке обозначены знаками (+) и (-). Только два слоя (НП) – нейтральная плоскость уменьшились в размерах пропорционально влагосодержанию и напряжённое состояние в них отсутствует. Силы растяжения и сжатия стараются сдвинуть отдельные слои относительно друг друга. При этом возникают тангенциальные напряжения, которые, как только они превысят прочность материала, приведут к образованию трещин и разрушению структуры изделия.

В процессе сушки из-за перепадов температур на поверхности и в центре изделия так же возникает объёмно-напряжённое состояние. Для представления о напряжённом состоянии рассмотрим аналогичную пластину длиной L0, подвергнутую нагреву.

Если бы пластина состояла из отдельных бесконечно тонких полосок, которые могли бы удлиняться и сокращаться самостоят6ельно, то длина каждой полоски могла быть определена по формуле

Lt = L0 (1 + αL Δt), (3)

где αL – коэффициент линейного расширения.

Рассчитав длину каждой из полосок по формуле (3) и отложив половину на рис.3 (показано пунктиром; размеры откладываются от середины пластины), получим реальную форму изделия Lt = f (t), которую должна была бы приобрести пластина при нагревании. Однако общее удлинение пластины оказалось меньшим, и длина её стала равной Lп = f (t ср).

Следовательно, поверхностные слои должны были удлиниться на Δ Lп, а удлинились меньше и испытывают сжимающие напряжения, а центральные слои удлинились больше чем положено и испытывают растягивающие напряжения. Эти напряжения показаны на рисунке знаками (+) и (-). Условными обозначениями (НП) зафиксированы нейтральные плоскости, в которых напряжения не возникли.

Напряжённые состояния, развивающиеся от разности влагосодержаний и температур, имеют противоположные знаки. При сложении из большего значения вычтем меньшее. Поскольку напряжённое состояние от разности влагосодержаний почти в 10 раз больше чем от разности температур, то суммарное напряжённое состояние будет несколько меньшим.

Механизм появления трещин в изделиях, а возможно и их разрушение объясняется тем, что напряжённое состояние действует на слои пластины, стараясь сдвинуть один слой относительно другого, вызывая тангенциальные напряжения, которые в случае превышения прочности материала приводят к его растрескиванию или разрушению.

При сушке, как и при ТВО, во внутренних слоях изделия возникает избыточное давление. Перепад давлений между слоями представляет собой приложенную силу, которая не удлиняет слои материала, а старается сдвинуть их относительно друг друга, т.е. из-за перепадов давлений также создаются тангенциальные напряжения.

1.3 Процессы, происходящие при обжиге

Создание пористой структуры керамзита достигается вспучиванием размягченного при термической обработке глинистого сырья газами (СО, СО2, Н2О, SO2, О2, N2, CH4, Н2), выделяющимися в процессе нагревания. Наилучший керамзит получают при оптимальном соотношении вязкости и связности сырья в нагретом состоянии при условии достаточного газовыделения. Это соотношение должно выдерживаться в течение всего периода газовыделения.

Поризация глинистых гранул (зерен) при получении керамзита обычно осуществляется обжигом их во вращающихся барабанных печах.

Средняя продолжительность пребывания глинистых гранул в печи равна 35-40 минут, при этом в течение первых 18-20 минут гранулы нагреваются до температуры 600°С, а в течение последующих 2-4 минуты температура их доводится до 1200-1250°С, при этой температуре они в течение 10-12 минут обжигаются, а затем 2-3 минуты охлаждаются до температуры 900-1000°С. Под воздействием высоких температур происходит дегидратация, аморфизация и образование некоторого количества жидкой фазы в глинистом веществе.

За время термической обработки сырцовых гранул (10-12 минут) в пиропластический расплав практически полностью переходят только самые мелкие частицы глинистых минералов (размером менее 10 минут). Пылеватые же и песчаные частицы глин (зерна кварца, полевые шпаты, пироксены, амфиболы и другие породы) остаются инертными и практически не взаимодействуют с расплавом и уменьшают степень вспучивания.

Включения доломита и кальцита при нагреве до температуры 850-1150°С декарбанизуются, переходят в тонкодисперсные окислы кальция и магния и частично (на толщину 0,01-0,04 мм) усваиваются расплавом.

Частицы карбанатных пород размером более 0,06-0,1 мм не полностью ассимилируются расплавом, в их центрах остаются свободные СаО и MgО, способные гидратироваться со значительным увеличением объема при попадении во влажную среду. Во избежание слипания гранул между собой и их налипания на поверхность футеровки печи температурный интервал вспучивания должен составлять не менее 50-70°С, максимальная температура вспучивания не должна превышать 1250-1275°С.

Получение керамзита с наилучшими показателями связано с характером газовой среды внутри гранул и в печном агрегате, также с режимом сушки и обжига сырца и охлаждении обожженных гранул.

Характер газовой среды при термической обработке сырцовых гранул во вращающейся печи обуславливается:

* составом продуктов сгорания топлива;
* коэффициентом избытка воздуха;
* составом газов, выделяемых органическими примесями глинистой породы (летучих и при окислении коксового остатка), карбонатами и продуктами реакций, зависящих от химического состава породы;
* составом парообразных продуктов, образующихся при удалении химически связанной воды различных глинистых минералов, также получаемых при испарении влаги сырцовых гранул, загружаемых в печь.

Продукты сгорания топлива и избыточный воздух, подаваемые в печь под давлением, устремляются в основном по оси печи. Парообразные и газообразные продукты, выделяемые исходным сырьем при его нагревании и обжиге, отмывают гранулы и затем перемешиваются и удаляются с продуктом сгорания топлива.

Процесс вспучивания состоит из двух стадий: первая – спекание с образованием закрытой поры и вторая – собственно вспучивание под давлением газов, выделяющихся внутри закрытой поры. Сумма таких элементарных актов в каждой ячейке глиняной гранулы и обуславливает общий процесс вспучивания всей гранулы.

Рассматривая процесс вспучивания всей гранулы, необходимо иметь ввиду, что по своей толще она нагревается неравномерно: с поверхности нагревается быстрее, чем в центре. Поэтому поверхность гранулы еще до того, как вся ее масса приобретает пиропластическое состояние, покрывается плотной спекшейся газонепроницаемой оболочкой, предотвращающей утечку газов из гранулы даже в том случае, если под давлением газов отдельные перегородки пор окажутся прорванными.

Основным условием, обеспечивающим вспучивание глинистых пород при их нагревании, является совмещение во времени пиропластического состояния глины с интенсивным газовыделением внутри обжигаемого материала.

В настоящее время можно считать установленным, что источниками газовыделения в глинах являются реакции разложения и восстановления оксидов железа при их взаимодействии с органическими примесями или добавками в глине, а также химически связанная вода глинистых минералов. Схема восстановительных реакций может быть представлена следующими уравнениями:

;



;



;



;



.



1.4 Зоны, существующие в печи

Во вращающейся печи гранулы и продукты сгорания движутся по принципу противотока: исходные сырцовые гранулы встречаются с уходящими газами печи при различных температурных условиях и претерпевают ряд изменений. В зависимости от температуры, влажности, размера, потерь массы при прокаливании и объемной насыпной массы материала во вращающейся печи условно различают следующие зоны:

1. Зона сушки или испарения влаги с граничными температурами газов 720 – 930 °С и материала 40 – 240 °С. Здесь уходящие газы наполняются парообразными продуктами испарения физически связанной оды глины. Длина зоны сушки от 25 до 36 % общей длины печи и зависит от влажности и степени пористости сырцовых гранул и времени, необходимого для их вспучивания;
2. Зона подогрева и химических реакций, примыкающая к зоне I, с граничными температурами газов 930 – 1100 °С и с материала 240 – 880 °С. Подогрев материала происходит вследствие теплоотдачи от продуктов сгорания топлива, в той или иной степени разбавленных избыточным воздухом. Длина этой зоны должна быть возможно более малой и обычно составляет 8 – 15 м. по мере подогрева гранул и повышения их температуры из глины выделяются газообразные продукты диссоциации карбонатов, вагонетки и окисление органических веществ и парообразные продукты водных минералов.
3. Зона температурного размягчения и вспучивания гранул с граничными температурами газов 1100 – 1170 °С и материала 880 -1160 °С. Она совпадает с зоной самой высокой температурой горения форсуночного топлива. Количеством продуктов сгорания топлива и избытков воздуха, необходимого для полного сгорания. Обжигаемый материал продолжает при этом выделять газы, вспучивающие гранулы. При скорости нагрева глинистой породы около 50 °С/мин и более выделение газов из гранул смещается в зону вспучивания, что приводит к уменьшению объемной массы керамзита. Длина зоны вспучивания около 15 – 20 % общей длины печи;
4. Зона предварительного охлаждения обожженных гранул, в которой происходит их отвердевание, совпадает с зоной поступления вторичного воздуха в печь. В этой зоне вследствие происходящих на поверхности гранул процессов окисления различных форм железа гранулы приобретают коричневато – красную окраску. Длина зоны обычно не превышает 5 % общей длины печи. Обожженные гранулы охлаждаются здесь до 1000 – 1050 °С.

Скорость термической обработки гранул в указанных зонах и в особенности в зоне вспучивания имеет при прочих равных условиях первостепенное значение. Постепенный нагрев гранул, как правило, приводит к получению не вспученного материала. Лишь при ускоренной термической обработке происходит удовлетворительное вспучивание глинистых гранул. Объясняется это тем, что в этом случае реакции дегидратации, декарбонизации, окисления органических веществ, как было указано, протекает при более высоких температурах, а восстановительные реакции – более продолжительны во времени. При этом выделяющиеся газы удерживаются в грануле до температуры вспучивания. Оптимальный режим обжига гранул во вращающейся печи предусматривает постепенный их нагрев до 200 – 600 °С (в зависимости от свойств сырья) и быстрый подъем температуры до 1200 – 1250 °С, т.е. до температуры вспучивания.

1.5 Способы производства керамзитового гравия

Процесс изготовления керамзита состоит из следующих основных операций:

* добычи глинистого сырья, его складирования и доставки к месту производства;
* переработки сырья и приготовления исходного полуфабриката - сырца, пригодного для обжига со вспучиванием;
* обжига и охлаждения керамзита;
* сортировки и при необходимости домола заполнителя;
* складирования и выдачи готового продукта.

Основным оборудованием керамзитовых предприятий является оборудование для обжига. В настоящее время наибольшее распространение получил метод обжига керамзитового гравия в одно- и двухбарабанных вращающихся печах; кроме того, осваивается промышленное производство керамзитового гравия и песка в печах кипящего слоя.

Достоинством вращающихся печей как аппаратов для вспучивания глинистых пород является то, что они позволяют получать заполнитель, зерновой состав которого в основном соответствует требованиям к заполнителю при изготовлении легких бетонов. Поэтому после обжига, как правило, керамзит лишь сортируют и в отдельных случаях корректируют зерновой состав заполнителя. Тем самым в большинстве случаев сохраняется форма зерен и остается незатронутой дроблением их спекшаяся шероховатая поверхностная корка, отличающаяся более высокой прочностью, чем вспученная масса внутри. Это в значительной степени повышает строительные качества заполнителя и выгодно отличает его от аглопоритов, а также керамзитового щебня, получаемого при обжиге глинистого сырья на спекательных решетках с последующим дроблением спекшегося «пирога» на щебень.

Другое важное достоинство вращающихся печей состоит в том, что зерна материала в них вспучиваются в свободном объеме, не ограниченном стенками или неподвижной массой таких же зерен. Поэтому процесс может достигать самой высокой интенсивности, что позволяет получать весьма эффективные заполнители с объемным весом 200—500 кг/м3 при коэффициенте выхода 2-3, в то время как на спекательных решетках трудно получить заполнитель с объемным весом в куске менее 600 кг/м3.

К недостаткам вращающихся печей помимо их низкой тепловой экономичности относится трудность обжига в них глинистых пород, обладающих слабой, а иногда и средней склонностью к вспучиванию, а также пород с малым интервалом вспучивания. Такие породы склонны к слипанию и образованию крупных спекшихся, а иногда сплавленных конгломератов материала. Наоборот, спекательные решетки позволяют вести поризацию разнообразных глинистых пород, которые во вращающихся печах практически не вспучиваются. В то же время на спекательных решетках трудно обжигать хорошо вспучивающиеся глины вследствие резкого уменьшения при вспучивании межзерновых пустот, служащих для прососа воздуха.

Поэтому для обжига на спекательных решетках обычно рекомендуется использовать сырье с коэффициентом вспучиваний не выше 2-2,5, а для обжига во вращающихся печах -не ниже 2-2,5. Таким образом, оба эти метода обжига не столько конкурируют, сколько дополняют друг друга, позволяя использовать для изготовления керамзитовых заполнителей самые разнообразные по свойствам глинистые породы.

При обжиге керамзитового гравия во вращающихся печах важнейшим признаком для типизации керамзитового производства служат применяемые способы переработки сырья и приготовления полуфабриката. Опыт показал, что какого-либо универсального метода переработки глин и их грануляции в полуфабрикат, пригодный для вспучивания, не существует. Более того, способы изготовления полуфабриката, его размеры, форма, влажность и другие параметры могут и должны изменяться в зависимости от свойств употребляемого сырья.

Решающее значение при выборе способов изготовления полуфабриката имеют физические, главным образом структурно-механические свойства глинистых пород: плотность, однородность, влажность, пластичность, структура и т. п. Природные же разновидности глинистого сырья обладают самыми различными свойствами. Так, например, глины различных месторождений в естественном состоянии могут быть разрыхлены и увлажнены; иметь плотное строение и быть пластичными и также увлажненными; представлять собой окаменевшую, почти сухую породу, с крупноструктурным строением; быть камнеподобными с мелкочешуйчатой лепестковой сланцеватой структурой со склонностью к распаду на мельчайшие частички; являться переувлажненными и зыбкими и т. д.

Очевидно, что всякое однотипное решение при выборе способов, а также механизмов для переработки сырья и приготовления гранулированного полуфабриката из указанных глинистых пород будет нерациональным и практически нежизненным. Так, например, если окаменевшая глинистая порода, раздробленная на крошку соответствующих размеров, удовлетворительно вспучивается без всякой предварительной переработки, то, естественно, отпадает надобность в операциях размола, замачивания, грануляции или других приемах переработки. Многие однородные по составу пластичные хорошо вспучивающиеся глины после разрыхления на карьере при добыче также могут подаваться непосредственно на обжиг во вращающуюся печь, питателем которой служит простой гранулирующий механизм типа дырчатых вальцов. С другой стороны, увлажненные глины с пестрым неоднородным составом и строением требуют более сложной переработки, заключающейся в разрушении природной структуры, гомогенизации и последующей их грануляции.

Наконец, при использовании переувлажненных глин вполне целесообразно приготовлять из них соответствующей густоты шлам и подвергать его обжигу во вращающихся печах, где происходит самопроизвольное формирование гранул.

Из сказанного следует сделать вывод не только о возможности, но и технико-экономической целесообразности изменения приемов переработки глин в зависимости от свойств потребляемого сырья. В зависимости от технологических приемов переработки глинистых пород и приготовления гранулированного полуфабриката различают три способа производства керамзита: сухой, пластический и мокрый.

Эффективное использование разнообразных по свойствам и особенностям глинистых пород достигается как правильным выбором способов изготовления керамзита, так и применением в пределах выбранного способа минимального по количеству и надежного в работе оборудования, учитывающего качественную специфику исходного сырья.

Технологические схемы производства керамзита, включая рекомендации по оборудованию, выбирают на основании предварительных опытов и испытания сырья в лабораторных и заводских условиях.

Пластический способ

Технологическая схема производства керамзита по пластическому способу включает следующие производственные операции: добычу глинистой породы; пластическую переработку увлажненного глинистого сырья и приготовление полуфабриката, пригодного для обжига со вспучиванием; обжиг полуфабриката на керамзит; охлаждение керамзита; сортировку и корректировку зернового состава керамзита; складирование и выдачу готового, продукта.

Пластический способ подготовки сырья и приготовления полуфабриката применяют при использовании увлажненных пластичных и рыхлых глинистых пород как однородного, так и неоднородного состава. При пластическом способе производства керамзита в глиняную массу могут вводиться добавки, повышающие склонность к вспучиванию исходного сырья, тогда как при сухом способе, когда полуфабрикат получают непосредственно из природной породы, это исключается.

Переработка вспучивающихся однородных глинистых пород по пластическому способу имеет целью их грануляцию в полуфабрикат определенной формы размером 7-25 мм в поперечнике. Более тщательной переработки такому сырью не требуется, так как оно уже самой природой гомогенизировано, и химико-минералогические составляющие в нем распределены равномерно. Это обстоятельство значительно упрощает изготовление гранулированного материала из подобного сырья.

Таким образом, технология обработки однородных глин сводится к их грануляции на упрощенных механизмах типа дырчатых и прессующих вальцов. При этом куски материала можно направлять непосредственно во вращающуюся печь на обжиг или сначала сушить в отдельных сушильных установках. Следует, однако, иметь в виду, что однородное керамзитовое сырье встречается крайне редко. Переработка неоднородных по составу глинистых пород по пластическому способу имеет целью разрушение природной структуры сырья, его гомогенизацию и изготовление полуфабриката с размером зерен в пределах примерно 7-20 мм в поперечнике, пригодного для обжига со вспучиванием во вращающихся печах.

Механизмы и оборудование для переработки и грануляции сырья выбирают в каждом отдельном случае в зависимости от склонности к вспучиванию и физико-механических свойств исходного сырья: влажности, плотности, вязкости, пластичности, однородности состава и т. п.

При этом необходимо учитывать, что основной задачей переработки неоднородного глинистого сырья по пластическому способу является тщательная его гомогенизация в целях разрушения природной структуры, равномерного распределения по всей массе химических и минералогических составляющих, влаги, а также твердых и жидких добавок, применяемых для интенсификации процессов образования керамзита и улучшения его качества.

Практикой производства керамзита установлено, что степень переработки глинистого сырья оказывает исключительно большое влияние на качественные показатели заполнителя - его объемный вес, прочность, водопоглощение, морозостойкость и т. п.. Чем однороднее глинистая масса и равномернее распределены в ней составляющие, влага и добавки, тем интенсивнее протекают физико-химические процессы при обжиге, равномернее поризация материала, мельче образующиеся поры, ниже объемный вес и выше прочность керамзита, меньше разброс качественных показателей готового продукта. Опыт показывает, что улучшением переработки глинистого сырья можно достигнуть снижения объемного веса керамзита, получаемого из ряда неоднородных по составу, особенно трудно перерабатываемых, уплотненных, плохо размокаемых глин, в 1,5-2 раза и настолько же повысить его относительную прочность.

Переработка глинистого сырья является комплексным мероприятием. Она начинается еще на карьере при добыче и кончается при формовании гранулированного сырца.

Прототипом упрощенного специального оборудования для переработки и грануляции разнотипных глинистых пород по пластическому способу являются перерабатывающие и формующие дырчатые вальцы, вальцы тонкого помола с расстоянием между валками до 1 мм и глиномешалки. Более сложными и металлоемкими являются бегуны и кирпичеделательные прессы.

Комплект механизмов для переработки и приготовления гранулированного полуфабриката может в основном состоять: для неоднородного по составу пластичного, рыхлого сырья из ящичного подавателя, вальцов грубого помола, глиномешалки, кирпичеделательного пресса или дырчатых вальцов, для неоднородного вязкого пластичного сырья - из ящичного подавателя, вальцов грубого помола, вальцов тонкого помола, глиномешалки, кирпичеделательного пресса или дырчатых вальцов. Если глинистое сырье из-за неоднородности состава, высокой вязкости, плотности и плохой размокаемости требует более тщательной переработки, гомогенизации, то дополнительно применяют перерабатывающие дырчатые вальцы или бегуны мокрого помола.

2. Расчет теплового баланса вращающейся печи

2.1 Устройство вращающейся печи для обжига керамзитового гравия

Керамзитовый гравий в большинстве случаев обжигают в однобарабанных вращающихся печах. Корпус печи выполнен в виде цилиндра из листового металла, который установлен на роликовых опорах под определенным углом к горизонту. Изнутри корпус печи футерован огнеупорными материалами. Во вращательное движение печь приводится при помощи электродвигателя и редуктора посредством пары шестерен, подвенцовой и венцовой, последняя из которых насажена на корпус печи.

Печь имеет загрузочные и разгрузочные устройства. Она загружается сырцом через загрузочный лоток, который смонтирован на корпусе осадительной камеры вместе с механизмом очистки. Разгрузочная часть печи имеет специальную откатную головку, предназначенную для уплотнения выходного торца печи и для установки форсунки или горелки, а также приема готового материала. Охлаждение обожженного керамзита осуществляется в холодильнике до температуры 60-80 °С, который соединяется с откатной головкой печи.

2.2 Сырье для производства керамзитового гравия

В производстве керамзита используют легкоплавкие глинистые породы, которые способны при быстром обжиге вспучиваться. Содержание отдельных оксидов в хорошо вспучивающемся глинистом сырье находится в следующих пределах, %:

SiO2 50... 55; Аl2О3 15...25; Fe203+FeO 6,5... 10; СаО до 3; MgO до 4; Na20+K20 3,5...5.

Температура вспучивания должна быть не более 1250 °С, а интервал вспучивания - не менее 50 °С.

2.3 Методика составления теплового баланса вращающейся печи

Тепловой баланс вращающейся печи для обжига керамзита составляют по следующей схеме.

Приходные статьи баланса:

1.Теплота от горения топлива.

2.Физическая теплота, вносимая топливом.

З.Теплота, вносимая сырцом.

4.Физическая теплота первичного воздуха, подаваемого к топливосжигающему устройству.

5.Физическая теплота вторичного воздуха, поступающего в печь из холодильника.

6.Физическая теплота воздуха, подсасываемого через неплотности головки печи.

Расходные статьи баланса

1.Расход тепла на испарение влаги.

2.Расход тепла на химические реакции.

З.Потери тепла с керамзитом на выходе из печи.

4Лотери тепла в окружающую среду.

5.Потери тепла с отходящими газами.

6.Потери тепла с химическим недожогом.

Конечной целью расчета теплового баланса является определение расхода топлива, сжигаемого за 1 час работы печи, и его удельного расхода на 1 кг полученного керамзитового гравия. Для этого на основании статей прихода и расхода тепла составляют общее уравнение теплового баланса, из которого находят искомые величины.

2.4 Расчет теплового баланса вращающейся печи

Прежде чем приступить к расчету теплового баланса печи, необходимо произвести дополнительные вычисления, результаты которых понадобятся в дальнейшем. В качестве топлива для печей могут использоваться мазут, природный или попутный газ. При расчете процессов горения определяют количество воздуха, необходимого для полного сжигания топлива и количество образующихся продуктов горения. Процесс горения рассчитывают независимо от количества сжигаемого топлива, поэтому количество воздуха, необходимое для горения, и объем дымовых газов, образующихся в результате сжигания топлива, определяют на единицу массы жидкого топлива и на единицу объема газообразного топлива, т.е. выражают в нм³/кг или нм3/нм3 топлива. Рассмотрим примеры расчета жидкого топлива- мазута.

Расчет горения мазута

Задание. Определить теплопроводность, объем воздуха и количество образующихся продуктов горения при сжигании мазута в туннельных печах для обжига кирпича. Мазут имеет горючую массу следующего состава, %:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Cr | Hr | Sr | Nr | Or | ∑ |
| 87,2 | 11,7 | 0,5 | 0,4 | 0,2 | 100 |

Содержание золы Ar= 0,1%, содержание влаги Wr= 2%.

Произведем пересчет горючей массы топлива на рабочую:

;



и т. д.;



Sp=0,49; Np=0,39; Op=0,19.

Состав рабочего топлива, % по массе:

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Cр | Hр | Sр | Nр | Oр | Ар | Wр | ∑ |
| 85,4 | 11,45 | 0,49 | 0,39 | 0,19 | 0,2 | 2 | 100 |

Теплоту сгорания топлива определяем по формуле(1):



Теоретически необходимое для горения количество сухого воздуха при коэффициенте избытка определяется по формуле:



Где Ср, Нр, Ор, Sр - содержание в рабочем топливе соответствующих элементов, %.



Атмосферный воздух содержит некоторое количество влаги, которое можно выразить влагосодержанием d г/кг сухого воздуха. Поэтому объем влажного атмосферного воздуха будет больше, чем рассчитанный выше. Для подсчета количества влажного атмосферного воздуха со значением d=10 г/кг сухого воздуха воспользуемся формулой:



Действительное количество воздуха при коэффициенте избытка в корне факела :



Сухого воздуха

;



Атмосферного воздуха



Количество и состав продуктов полного горения при коэффициенте находим по формулам:



Всего сухих газов:



Общее количество продуктов горения при :



Процентный состав продуктов горения при :



;



;



;



;



.



Сумма продуктов горения 100%.

Таблица 1 – Материальный баланс процесса горения мазута

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Приход | кг | % | Расход | кг | % |
| Топливо-мазут | 100 | 5,84 |  |  |  |
| Воздух: |  |  | Продукты горения: |  |  |
| О2=100 12,444 0,21 1,429 | 373,43 | 21,7 | СО2=100 1,584 1,977 | 313,16 | 18,21 |
| N2=100 12,444 0,79 1,251 | 1229,83 | 71,53 | Н2О=100 1,506 0,804 | 121,08 | 7,04 |
| Н2О=100 12,444 0,0016 10 0,804 | 16 | 0,93 | N2=100 9,834 1,251 | 1230,23 | 71,54 |
|  |  |  | SO2=100 0,00343 2,926 | 1 | 0,06 |
|  |  |  | О2=100 0,379 1,429 | 54,16 | 3,15 |
|  |  |  | Невязка: |  |  |
|  |  |  | (100 0,37)/1719,63=0,02 | 0,37 | 0,02 |
| Итого | 1719,26 | 100 | Итого | 1719,63 | 100 |

Исходные данные

Длина печи 40 м, диаметр 2,5 м; топливо- мазут марки 20, производительность печи , формовочная влажность глины W=22%, влажность гранул на выходе из сушильного барабана Wc=7,5%, температура сырца при загрузке в печь tc=66◦С, температура керамзита на выходе из печи tк=830 ◦С, температура отходящих газов tог=430◦С, температура воздуха, подаваемого на горение tв=200◦С, насыпная плотность керамзита 450кг/м3, масса сырца, загружаемого в печь Gc=6562,94 кг/ч, химический состав глины, %: СаО- 0,93; MgO- 4; ППП-7,7.



Приход тепла

1. От горения топлива:

кДж,



где В- часовой расход топлива, м 3 или кг.

1. Тепло, вносимое топливом:

кДж,



где Ст- удельная теплоемкость топлива, кДж/кг\*К; tT- температура топлива, поступающего на горение, ◦С; tT=75 ◦С.

Удельная теплоемкость определяется по формуле:

для мазута

Ст=4,2(0,415+0,0006 tT)=4,2(0,415+0,000675)=1,932, кДж/кг\*К.



1. Тепло, вносимое сырцом:

кДж,



Где GC- масса сырца:

кДж;



кг/м3;



СС- удельная теплоемкость сырца, кДж/кг\*К:

кДж/ кг\*К.



1. Физическая теплота воздуха, подаваемого на горение:

кДж,



где СВ- удельная теплоемкость воздуха, равная 1,344 кДж/м3\*К;

- теоретический объем воздуха, необходимый для горения 1м3 или 1 кг топлива. Принят из расчета горения топлива для ; tВ- температура воздуха, подаваемого на горение. Принята tВ=200◦С.



1. Физическая теплота воздуха, подсасываемого через неплотности головки печи:

кДж,



Где ’- коэффициент избытка воздуха со стороны выгрузки печи, обычно принимают 1,4…1,5.



1. Физическая теплота вторичного воздуха, поступающего в печь из холодильника:

кДж,



Где - температура воздуха, выходящего из холодильника, равная 150…180оС.



Расход тепла

1. На испарение влаги из сырца

кДж,



Где 2499- скрытая теплота парообразования воды при 0 оС, кДж/кг; - часовая производительность печи по обожженному керамзиту, кг; - объем воды, выделяющейся при обжиге сырца, приходящегося на 1 кг керамзита, кг.



Определяем . При насыпной плотности керамзита =450 кг/м3 и производительности печи 12,66 м3/ч



= 45012,66=5697 кг/ч,



=,



Где - расход абсолютно сухой глины на 1 кг обожженного керамзита.



кг/кг.



Расход сырца на 1 кг обожженного керамзита

кг/кг,



Тогда =1,17-1,083=0,087кг/кг керамзита.



1. На химические реакции:

2.1. На разложение СаСО3.

кДж,



Где 1587,6- эндотермический эффект декарбонизации СаСО3, кДж/кг.

; ,



Где СаО- содержание оксида кальция в глине, %;

100 моль СаСО3; СаО- 56.

.



* 1. Разложение MgCO3:

кДж,



Где 1318,8- эндотермический эффект декарбонизации MgCO3, кДж/кг.

; ,



Где MgО- содержание оксида кальция в глине, %;

84,32- моль MgCO3, 40,32- моль MgO.

.



* 1. Дегидратация глинистых материалов:

кДж,



Где 6720- эндотермический эффект дегидратации глинистых материалов, кДж/кг; - расход тепла на дегидратацию глинистых материалов.



,



Где



* 1. Плавление силикатной массы:

кДж,



Где 315 кДж- удельный расход теплоты на образование стекловидной фазы, отнесенной к 1 кг обожженного керамзита.

Общий расход тепла на химические реакции

кДж.



1. Потери тепла с керамзитом на выходе из печи:

кДж,



Где tK- температура керамзита на выходе из печи, оС, Ск- удельная теплоемкость обожженного керамзита при температуре tK, кДж/кг\*К, вычисляется по формуле

кДж/кг\*К.



1. Потери тепла в окружающую среду

кДж.



Потери тепла в окружающую среду можно принимать в размере 20% от теплоты горения топлива.

1. Потери тепла с отходящими газами.

5.1. С физической теплотой продуктов горения

кДж,



Где - объем продуктов горения на 1 м3 или 1 кг топлива при принимают из расчета горения топлива;



С ог- удельная теплоемкость отходящих газов при их температуре на выходе из печи. Определяют по формуле:

кДж/куб.м\*К.



5.2. С физической теплотой водяных паров гигроскопической и химически связанной влаги:

кДж,



Где - удельная теплоемкость водяных паров при температуре отходящих газов принимаем из табл. Приложения.



5.3. С физической теплотой:

кДж,



Где - расход тепла с летучими органическими веществами. Определяется по формуле:



Где - удельная теплоемкость метана при температуре отходящих газов.



5.4. С физической теплотой СО2, образовавшегося при разложении карбонатов:

кДж,



Где - удельная теплоемкость углекислого газа при температуре отходящих газов.



Общие потери тепла с отходящими газами:



6. Потери тепла с химическим недожогом топлива:

кДж,



Где Х- потери тепла с химическим недожогом топлива.

Общее уравнение теплового баланса вращающейся печи за 1 ч работы:



40726,77В+144,9В+506357,07+3398,44В+130,7В+650,64В=1238601,86+ +3704588,41+5257630,27+8145,35В+7952,99В+1545060,51+407,26В;

28545,85В=11239523,98;

Откуда часовой расход газа В=393,74 м3.

Найденное значение расхода топлива подставляем в те уравнения, где эта величина была неизвестной и пересчитываем их. Затем составляем сводную таблицу теплового баланса, из которой находим удельный расход тепла на обжиг 1 кг керамзитового гравия (табл.2).

кДж.



кДж.



кДж.



кДж.



кДж.



кДж.



кДж.



кДж.



Таблица 2. Сводный тепловой баланс

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Приходные статьи | Количество теплоты | | | Расходные статьи | Количество теплоты | | |
| кДж | кДж на 1 кг керамзита | % к итогу | кДж | кДж на 1 кг керамзита | % к итогу |
| От горения топлива | 16035758,42 | 2908,23 | 88,23 | На испарение влаги | 1238601,86 | 217,41 | 6,78 |
| Физическая теплота: топлива | 57052,93 | 10,01 | 0,31 | На химические реакции | 3704588,41 | 650,27 | 20,3 |
| сырца | 506357,07 | 88,9 | 2,69 | Потери тепла с керамзитом на выходе из печи | 5257630,57 | 922,87 | 28,82 |
| воздуха, подсасываемого на горение | 1338101,76 | 234,88 | 7,13 | Потери тепла в окружающую среду | 3207150,1 | 562,95 | 17,57 |
| воздуха, подсасываемого в печь | 51461,82 | 9,03 | 0,27 | Потери тепла с отходящими газами | 4676470,79 | 820,86 | 25,63 |
| воздуха вторичного, поступающего из холодильника | 256182,99 | 44,97 | 1,36 | Потери тепла с химическим недожогом топлива | 160354,55 | 28,15 | 0,88 |
| ИТОГО | 18244914,99 | 3296,02 | 100 | ИТОГО | 18244796,28 | 3202,51 | 100 |

Невязка баланса 18244914,99-18244796,28= 118,71кДж.

Удельный расход теплоты на обжиг 1 кг керамзита составляет 3296,02 кДж.

3. Конструктивная часть

3.1 Устройство и принцип действия вращающейся печи

Вращающаяся печь 2,5×40.

Применяется на заводах производительностью 100 тыс.м3 керамзита в год.

Корпус 7 печи сварен из листового металла толщиной 18 и 30 мм. Каркас печи состоит из секций, сваренных между собой встык. Секции корпуса, расположенные около опор на длине 2000мм имеют стальные листы толщиной 30 мм с учетом того, что максимальное напряжение корпус испытывает в этих сечениях.

Бандажи 4 крепятся в усиленной части корпуса специальными башмаками, привираемыми к обечайке. Между башмаками бандажи лежат свободно с компенсационным зазором. Положение опорной поверхности бандажа по отношению к корпусу печи регулируются башмаками.

Внутренняя часть печи футерована. Футеровка положена ровно по всей длине внутренней поверхности корпуса за исключением входной его части. На входе футеровка имеет бурт, который уменьшает входное отверстие корпуса и предупреждает просыпание материала и пылеосадительную камеру во время его загрузки в печь.

При работе печи борт, а также часть футеровки при разгрузочном конце печи подвергаются наибольшему изнашиванию. Чтобы предохранить эту часть футеровки от разрушения, на входном конце печи приварена торцовая шайба. Эта шайба используется также для устройства уплотнения между торцом пылеосадительной камеры. Уплотнение создается лабиринтом, образующимся между концентрически расположенными обечайками, приваренными к пылеосадительной камере. Выходной конец печи заканчивается торцевой конической шайбой. Внутренний диаметр шайбы соответствует выходному диаметру печи. Благодаря этому материал, движущейся по футеровке, выходя из печи, истирает металлическую шайбу, срок службы которой значительно выше, чем футеровки.

На концах корпуса печи установлены уплотнения, предохраняющие окружающую атмосферу от загрязнений газами и улучшающие тепловой процесс внутри печи. Уплотнение между печью и пылеосадительной камерой состоит из двух частей. Одна из них по устройству аналогична, описанной конструкции торцовой шайбы, другая представляет собой резиновую прокладку, прижатую к корпусу печи по всей окружности. Уплотнение 3 между корпусом и откатной головкой состоит из четырех концентрически расположенных цилиндрических обечаек. Две обечайки приварены к корпусу печи, две другие к корпусу откатной головки.

Обечайки отличаются одна от другой диаметром, что позволяет как бы вдвинуть одну в другую. Вдвинутые обечайки образуют лабиринт, препятствующий прохождению газов.

Печь опирается на две опоры, состоящие из двух опорных роликов 11. Кроме опорных роликов, на одной из опор установлены два упорных ролика,

удерживающих печь от осевого перемещения. Каждый ролик опирается на два спаренных конических роликовых подшипника, установленных в корпусе.

Корпуса подшипников крепятся на раме, лежащей на фундаментной опоре. Для фиксации правильного положения опорных роликов на раме имеются регулировочные винты. Ролики регулируются во время монтажа печи вплоть до пуска ее в горячем состоянии.

В средней части печи, около упорно-опорной роликовой опоры смонтирована венцовая шестерня 6 и привод печи 10. Основным элементом крепления венцовой шестерни является опора, представляющая собой сварной кронштейн, нижняя плоскость которого приварена к корпусу печи, а верхняя служит для крепления пластины венцовой шестерни. Опоры устанавливаются на печи в два ряда по окружности, а пластины лежат на опорах параллельно продольной оси корпуса. Между опорой и пластиной устанавливаются регулировочные прокладки, которыми выверяется положение венцовой шестерни по отношению к оси вращения барабана. Биение венцовой шестерни не должно превышать 3 мм. Венцовая шестерня закрывается кожухом 5.

Печь вращается от специального привода 10, установленного под венцовой шестерней. Привод состоит из двух самостоятельных систем: пусковой и рабочий. Пусковая или вспомогательная система привода имеет двигатель 1,7 кВт или да редуктора, соединенных муфтами. Общее передаточное число пусковой системы составляет 1020 без учета передаточного числа открытой паря шестерен, а с учетом последней – примерно 14000. Такое устройство пусковой системы позволяет развить достаточно большой крутящий момент, необходимый при пуске печи. После того как печь получила от пускового электродвигателя первоначальное вращение, включается электродвигатель рабочей системы. Этот электродвигатель ускоряет вращение печи и обеспечивает рабочий режим скоростей. Пусковой электродвигатель в это время отключается. При включении электродвигателя рабочей системы частота вращения редуктора будет постепенно увеличиваться, и превышать скорость, которую сообщил ему пусковой электродвигатель. При этом редуктор с электродвигателем пусковой системы будут тормозить разгон рабочей системы привода. чтобы этого не произошло, между редукторами установлено храповое устройство, обеспечивающее рабочей системе свободу вращения независимо от пусковой. Храповое устройство смонтировано заодно целое с тормозным шкивом. В нем применен колодочный тормоз.

По концам печи установлены загрузочные и разгрузочные устройства. Загружается печь гранулами керамзита через загрузочный лоток 9. Загрузочный лоток монтируется на корпусе осадительной камеры вместе с механизмом очистки 8. Материал поступает на обжиг через цилиндрическую воронку и по течке направляется в обжиговую печь. В средней части течки, несколько выше воронки, приварен кронштейн, которым загрузочное устройство крепится к пылеосадительной камере. Воронка приварена к лотку так, чтобы по всей длине лоток можно было просматривать и прочищать.

Выгрузочный конец вращающейся печи оканчивается специальной откатной головкой 2, служащей для уплотнения выходного торца печи, а также для установки форсунок и приемки готового материала. Корпус головки сварен из листовой стали и имеет округлую форму, переходящую внизу в прямоугольную. Стенка, обращенная к печи, имеет округлое окно, диаметр которого равен наружному диаметру печи. На наружней поверхности этой стенки крепится лабиринтное уплотнение 3. Каркас головки установлен на тележке. В средней части тележки предусмотрен люк, через который выгружается готовый материал из печи. Головка установлена на четырех колесах.

На передней стенке головки имеется несколько люков. Через них оператор наблюдает за работой форсунки. В отверстие, расположенное по оси печи, устанавливается форсунка 1. Для обслуживания выгрузочного отверстия имеется специальный люк. При необходимости этот люк можно открыть и разбить спекшийся материал или протолкнуть его, если он застрял на стенке люка. Откатная головка обеспечивает периодическое обслуживание печи в перерывах его работы. С помощью откатной головки обслуживающий персонал осуществляет работы по ремонту и восстановление футеровки, проверяет и чистит топливную форсунку.

Технологическая характеристика вращающейся печи 2,5×40

Производительность, м3/год………….100000

Размеры длина……………………….. 40

Диаметр …………………..2,5

частота вращения, об/мин………….. 0,6…3

угол наклона, % …………………..….3,5

мощность электродвигателя

основного привода, кВт …………..… 45

* 1. Устройство и принцип действия привода печи

Привод печи, рис. 5, состоит из открытой зубчатой передачи (зубчатый венец 6 и подвенцовая шестерня 5), эластичной муфты 4, главного редуктора 3, главного двигателя 1 и вспомогательного привода, состоящего из редуктора 8 и электродвигателя 11. Соединение вспомогательного редуктора 8 с главным редуктором 3 осуществляется через кулачковую муфту свободного хода 7. На быстроходном валу вспомогательного редуктора 8 установлен тормоз. Тормоз предназначен для остановки печи в необходимом положении при ремонтах, футеровочных, монтажных и других работах. Торможение и остановка печи может быть произведена как с главного привода, так и со вспомогательного.

Тормоз постоянно заторможен, растормаживание его осуществляется с помощью электрогидравлического толкателя.

При рабочем режиме печи вращение от главного электродвигателя 1 передается через главный редуктор 3, муфту 4, открытую зубчатую передачу на печь.

При этом муфта кулачковая 7 свободно проворачивается.

При выключении главного двигателя 1 печь под действием неуравновешенности (из-за наличия в ней обжигающего материала, находящегося в момент остановки под углом естественного откоса), стремится повернуться в сторону, противоположную рабочему вращению и затормаживается тормозом 9 вспомогательного привода.

Для опускания печи в уравновешенное состояние вспомогательный двигатель 11 включается на реверс с одновременным включением тормоза.

После опускания печи в уравновешенное состояние, когда материал в печи располагается в нижней части, двигатель и тормоз выключаются.

Медленное вращение печи вспомогательным приводом осуществляется от двигателя 11 при включенном тормозе 9, через вспомогательный редуктор 8, кулачковую муфту 7, главный редуктор 3, эластичную муфту 4 и далее через открытую зубчатую передачу на печь.

При остановке печи с фиксированием ее положения вспомогательный двигатель 11 выключается, одновременно выключается тормоз 9.

Благодаря наличию кулачковой муфты свободного хода представляется возможность легкого запуска печи на быстрое рабочее вращение от вспомогательного привода.

При остановке печи существует трение покоя, которое больше трения движения.

С помощью вспомогательного привода осуществляется «срыв» печи (особенно после длительной остановки печи в зимнее время), трение уменьшается, после чего включается главный двигатель. После запуска главного двигателя вспомогательный выключается.

* 1. Возможные неисправности в работе печи и способы их устранения

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование неисправности и признаки ее проявления | Причины возникновения | Метод устранения |
| 1 | 2 | 3 |
| Периодический отрыв бандажа от опорного ролика при вращении печи | Опоры печи  Осадка фундамнтов опор, разрегулированность положения ролика опор, искривление оси ролива печи; | Произвести инструментальную выверку печи, подрегулировать положение опорных роликов, выправить ось печи; |
| Односторонний местный перегрев корпуса печи вследствие износа футеровки | Произвести ремонт футеровки |
| Необратимые остаточные деформации корпуса печи вследствие длительной стоянки разогретой печи без вращения или работы ее с местными перегревами из-за выпадения футеровки | Устраняется разрезкой корпуса печи и заменой деформируемых обечаек новыми с исправлением непрямолинейности оси корпуса печи. |
| Слипание, разрывы и выход из строя резиновых втулок соединительных муфт. | Привод печи  Расцентровка элементов привода | Отцентровать элементы привода, заменить резиновые втулки |
| Течь масла из уплотнений быстроходного вала редуктора главного привода | Износ манжет уплотнений или ослабление натяжений пружин | Заменить манжеты новыми, подтянуть пружины. |
| Нагрев быстроходного вала редуктора главного привода в местах уплотнений | Загрязнение вала и полостей уплотнений, большое натяжение пружин уплотнительных манжет | Очистить, промыть уплотнение, смазать жидким маслом, ослабить натяжение пружины |
| Стуки, вибрации зубчатого венца при работе печи на главом приводе | -биение зубчатого венца выше допустимого;  -увеличенные радиальные зазоры в зацеплении венца с подвенцовой шестерней | Отцентрировать зубчатый венец; произвести регулировку зазора в зацеплении |
| Попадание масла с зубчатого венца на корпус печи | Переполнение маслом картера подвенцовой шестерни | Установить уровень масла в картере подвенцовой шестерни в заданных переделах. |

Список используемых источников

1. С.П. Онадский «Производство керамзита», М: Издательство литературы по строительству,1971г.
2. Строительные машины. Справочник, под ред. В.А. Баумана, 3 изд., М., 1965.