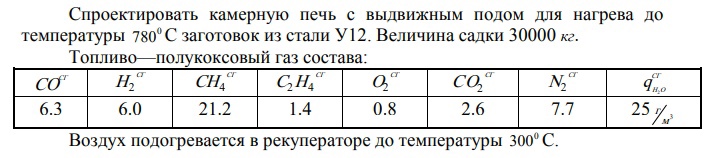
3 Вариант



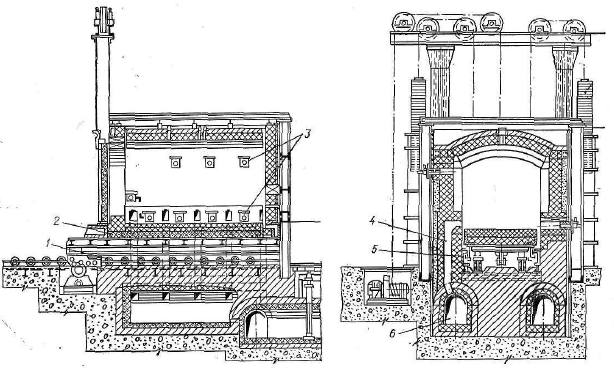


Рисунок 1 – Типовая конструкция камерной газовой печи с выдвижным подом:  
1 – реечный механизм; 2 – под; 3 – инжекционные горелки;   
4 – каналы отвода продуктов сгорания; 5 – песочный затвор;  
6 – боров.

**1 Аналитический расчёт горения топлива**

**Определение расхода воздуха**

Установим коэффициент расхода воздуха (α):

Температура поступающего воздуха в воздухопровод равна стандартному значению: 22 0C. По справочным данным в насыщенном воздухе при данной температуре находится

Определение объёма кислорода, который необходим для полного сжигания газа, будет производиться по формуле:

Подставляем в формулу известные значения из ТЗ и вычисляем:

По формуле определим теоретический расход воздуха. Данная величина выражает минимальное количество воздуха в м3, которое необходимо для полного сгорания одного м3 используемого топлива:

Впечь подаётся большее значение объёма воздуха, называемое действительным расходом сухого воздуха. Его значение определяется по формуле:

В подаваемом воздухе содержатся пары воды, делая воздух влажным, необходимо рассчитать расход влажного воздуха:

**Определение объёмного выхода продуктов сгорания**

Определим количество углекислого газа в м3, выделяемого при сгорании одного м3 используемого газа. Воспользуемся формулой:

Определяем количество азота в продуктах сгорания:

Рассчитаем количество избыточного кислорода в продуктах сгорания:

Определим объём водяных паров в продуктах сгорания при теоретическом и действительном расходе воздуха.

При теоретическом:

При действительном:

Определив объём каждого продукта сгорания, вычисляем их общий объём (объём дыма):

С помощью полученных данных определяем состав продуктов сгорания при условии полного горения:

Таблица 1 – Состав продуктов сгорания, %

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |
| 6,42 | 67,9 | 23,35 | 2,33 |

Составим материальный баланс топлива на 100 м3 газа.

**Приход:**

Масса влаги, которая содержится в топливе, будет равна:

Масса сухого воздуха, подаваемого в печь:

Масса влаги, поступающей в печь вместе с воздухом, равна:

Таблица 2 – Массы компонентов, обеспечивающих процесс горения в печи, кг

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Компоненты | *COСГ* | *H2СГ* | *CH4СГ* | *C2H4СГ* | *O2СГ* | *CO2СГ* | *N2СГ* | Влага топлива | Воздух сухой | Влага возд. |
| Масса | 7,88 | 5,36 | 15,14 | 1,75 | 1,14 | 5,11 | 9,63 | 2,5 | 559,29 | 9,29 |

**Итого:** 617,09 кг.

**Расход**

Таблица 3 – Массы продуктов сгорания, кг

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Компоненты | *CO2 в.д.* | *H2Oв.д.* | *N2 в.д.* | *O2 в.д.* |
| Масса | 64,82 | 96,43 | 436,25 | 17,14 |

**Итого:** 614,64 кг.

Разность между приходом и расходом называется неувязкой, тогда неувязка для данного расчёта равна:

**Определение низшей теплоты сгорания полукоксового газа**

Низшая теплота сгорания полукоксового газа определяется по формуле:

где

Тогда:

**Определение температуры горения топлива**

Относительный химический недожог, обусловленный недостаточным смешиванием газа и воздуха, для данной горели принят:

Тогда данный недожог будет равен:

Физическое тепло, вносимое подогретым до 300 0C воздухом, составит:

1) теплота сухого воздуха:

2) теплота влаги, содержащейся в воздухе:

3) теплота влажного воздуха:

Тогда общий приход тепла составит:

Рассчитаем теплосодержание и содержание избыточного воздуха

С помощью полученных данных теплосодержания и содержания избыточного воздуха определяем по диаграмме температуру горения:

**2 Определение времени нагрева металла и размеров печи**

Пусть габаритные размеры заготовки составляют 0,2 x 4 x 0,2 м. Тогда объём заготовки определяется по формуле:

Определим время нагрева одной садки до температуры отжига 780 0C:

Тогда:

Плотность стали марки У12 составляет тогда масса одной заготовки равна:

Определим количество заготовок, загружаемых в печь по формуле:

При однорядном расположении заготовок ширина и длина печи будут определяться по формулам:

где зазоры от заготовки до стен.

Высота *H* камерной печи будет определяться по формуле:

где A – коэффициент, равный 0,5;

h = 0,2 – толщина заготовок;

B = 4,5 м – ширина печи; t = 850 оС – температура печи (так как температуру печи принимают на 50-100 0C выше для увеличения скорости нагрева).

Тогда:

По итогам расчётов внутренние размеры печи равны 5,3 x 4,5 x 0,82 м.

Площадь внутренней поверхности кладки будет равна, учитывая, что внутреннее пространство печи имеет форму параллелепипеда:

**3 Тепловой баланс печи**

**Приходные статьи теплового баланса**

Теплота, которая выделяется при сжигании топлива, рассчитывается по формуле:

Примем удельную теплоёмкость воздуха при температуре 300 0C . Тогда за всё время работы печи количество теплоты, внесённое подогретым воздухом, будет рассчитываться по формуле:

Рассчитаем теплоту, выделяющуюся при окислении железа (теплота экзотермической реакции). Примем, что нагрев заготовок по всему сечению происходил равномерно, тогда рассчитаем время пребывания заготовок в печи при температуре более 700 0C:

Средняя температура поверхности заготовок за это время составит:

Активное окисление железа начинается при температуре поверхности садки выше 700 0C, тогда количество окисленного железа на одном квадратном метре садки равно:

Теплота, выделяющаяся при окислении железа, определяется по формуле:

где площадь поверхности садки, контактирующей с кислородом.

Так как заготовки лежат непосредственно на выкатном поде, то нижняя поверхность садки никак не контактирует с кислородом. Рассчитаем :

Следовательно:

**Расходные статьи теплового баланса**

Теплота, которая расходуется на нагрев одной садки, определяется по формуле:

Расчётная высота печи для данного курсового проекта составляет 0,85 м (< 1 м), а температура внутренней её поверхности равна 850 0C. Тогда, исходя из рекомендуемой толщины кладки нагревательных печей, для данных условий работы принимаем толщину огнеупорного слоя а толщину теплоизоляционного слоя .

Для расчёта будет использоваться двухслойная кладка:

1) Первый слой – шамот класса Б толщиной плотностью и рабочей температурой

2) Второй слой – диатомит толщиной , и рабочей температурой

Коэффициент теплопроводности слоёв кладки, зависящий от температуры, трудноопределим, так как распределение температуры по слоям кладки неравномерно, поэтому эго рассчитывают, опираясь на среднюю температуру слоя. Определим температуру на границе огнеупорного и теплоизоляционного слоёв по формуле:

где температура внутренней поверхности кладки; - температура воздуха.

Тогда температура на границе слоёв равна:

Теперь рассчитаем среднюю температуру огнеупорного слоя из шамота:

Средняя температура теплоизоляционного слоя из диатомита:

Определим коэффициенты теплопроводности шамота и диатомита по следующим выражениям из справочной литературы:

Также необходимо определить количество тепла, которое передаётся через 1 м2 кладки:

где коэффициент теплопередачи от стенки к воздуху.

Тогда:

Пользуясь математическими моделями теплопроводности, на основании закона Фурье для граничных условий первого рода, найдём действительные температуры на границе огнеупорного и теплоизоляционного слоёв (), а также на поверхности всей кладки ():

Тогда общие потери теплоты за счёт теплопроводности за весь период нагрева определим по формуле:

Теплота, аккумулированная кладкой, определяется согласно формуле:

Сделаем допущение, что теплота аккумулируется только внутренним слоем кладки (шамотом). Теплоёмкость шамота при его средней температуре 801 0C:

Тогда теплота, аккумулированная кладкой, будет равна:

Выходящие газы уносят часть теплоты из объёма печи, поэтому определим данные теплопотери по формуле:

Примем среднюю температуру уходящих газов () равной 850 0C.

При данной температуре теплоёмкость продуктов сгорания определяется в соответствии с уравнением:

где состав продуктов горения, %;

теплоёмкости соответствующих веществ при заданной средней температуре, кДж/м3\*K.

Тогда теплота уходящих газов равна:

Вычислим неучтённые потери теплоты, которые в среднем принимаются 10 % от суммы таких расходных статей: потери тепла теплопроводностью кладки; тепло, аккумулированной кладкой; тепло, затраченное на нагрев технологических приспособлений и тепло, излучаемое печью при загрузке и выгрузке садок.

Из равенства приходной и расходной частей теплового баланса печи определим средний расход топлива:

Таблица 4 – Тепловой баланс печи

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Статья** | **Приход, МДж** | **Теплоты, %** | **Статья** | **Расход, МДж** | **Теплоты, %** |
|  | 31 203,18 | 89,59 |  | 16 206,03 | 46,53 |
|  | 3 613,14 | 10,37 |  | 197,51 | 0,56 |
|  | 10,79 | 0,04 |  | 4 528,27 | 13 |
|  |  |  |  | 472,58 | 1,36 |
|  |  |  |  | 13 422,72 | 38,54 |
| **Итого** | 34 827,11 | 100 | **Итого** | 34 827,11 | 100 |

Коэффициент полезного действия печи (КПД) равен:

Мощность печи равна:

**4 Выбор и расчёт топливосжигающих устройств**

Так как в печи установлено 8 горелок, возможно рассчитать расход газа через одну из них:

Следовательно, расход воздуха для одной горелки будет рассчитываться таким же образом:

Так как воздух предварительно подогревается в рекуператоре до температуры 300 0C, воспользуемся формулой для определения расчётного расхода воздуха:

где температура подогрева воздуха, K.

Тогда:

Зная величины расхода воздуха и топлива (газа), по справочной литературе было определено давление газа перед соплом и давление воздуха перед горелкой :

Скорость истечения газа из сопла и скорость истечения воздуха в горелку определяются по формуле:

Скорость истечения газа из сопла равна:

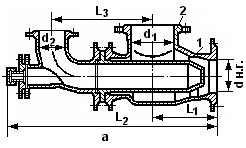
Скорость истечения воздуха перед горелкой равна:

Определим отношение скорости воздуха к скорости газа:

По полученным значениям с помощью справочной литературы было определено, что наиболее подходящей горелкой типа «труба в трубе» является ДНС-130 с диаметром носика газового сопла dГ = 30 мм.

Таблица 5 – Основные размеры горелки ДНС-130, мм

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |
| 130 | 200 | 100 | 260 | 853 | 415 |



**5 Расчёт воздухоподогревательного устройства**

Из расчёта горения топлива взяты значения:

Для расчёта выберем трубы с иглами только на воздушной стороне длиной 880 мм. Примем скорость движения воздуха равной 6 м/с, а дыма – 3 м/с.

Составим тепловой баланс рекуператора. Для выбора теплоёмкости дымовых газов предположим, что температура выходящего дыма из рекуператора Температуру входящего в рекуператор дыма примем .

Таблица 6 – Теплоёмкость дымовых газов при выбранных температурах

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

Потери тепла в окружающую среду примем равными 10%.

Уравнение теплового баланса имеет вид:

Получаем:

Определим , считая, что движение газа происходит по схеме перекрёстного противотока. В расчёте мы пренебрегаем поправкой на перекрёстный ток. Определим

Изначально необходимо определить, по какому закону изменяется температура:

Пользуясь справочной литературой при значениях скорости движения воздуха равной 6 м/с и дыма равной 3 м/с, определяем значение коэффициента .

Далее по расчётам определим общую поверхность нагрева и размеры рекуператора из выражения:

Условная поверхность нагрева каждой трубы длиной 880 мм без наружных игл составляет 0,25 м2. Следовательно, общее число труб в рекуператоре составит:

Необходимое общее сечение для прохода воздуха:

Необходимое сечение для прохода дыма:

Ориентировочное количество труб на пути воздуха и дыма должно быть:

**6 Расчёт дымоотводящей системы**

Количество продуктов сгорания в определённых сечениях определяется по формуле:

где расход используемого топлива;

объём дымовых газов при действительных условиях;

объём дымовых газов при нормальных условиях (взять из п. 1.2).

Тогда:

Площади поперечных сечений дымового канала и борова соответственно равны и .