|  |
| --- |
| МАЭ РФ  Государственный технологический институт  Кафедра МАХП  **ПЕЧЬ ТУННЕЛЬНАЯ**  Курсовой проект  МАХП 800.11.00 КР  Профессор  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  «\_\_\_\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_.  Студент группы  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_.  «\_\_\_\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_. |

Содержание

Введение

1 Данные для расчета

2 Материальный расчет

3 Тепловой расчет

4 Конструктивный расчет

5 Расчет конструктивных элементов печи на прочность

5.1 Расчет фланцевого соединения кожуха

5.2 Расчет пластин кожух

5.3 Расчет футеровки

5.4 Расчет каркаса

5.5 Фундамент печи

Литература

## Введение

Спекание таблеток из UO2 является основной стадией технологического процесса получения таблеток. В этом процессе проявляются как все физико-химические свойства исходного порошка, так и все предыдущие технологические операции. Кроме того, на качество таблеток оказывают существенное влияние параметры самого процесса спекания, в первую очередь газовая среда, температура и время спекания.

Для регулируемого удаления летучих соединений с целью предупреждения растрескивания таблетки перед спеканием медленно нагревают до 600 - 800 °С в течение 10 часов, после чего температуру повышают до заданной температуры спекания. Заданный режим обеспечивается продвижением лодочек с таблетками в печах тоннельного типа, работающих в непрерывном режиме и имеющих три температурные зоны: нагревание таблеток, спекание и охлаждение.

# 1 Данные для расчета

Исходные данные приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Исходные данные

|  |  |
| --- | --- |
| 1 Производительность, кг/сут | 700 |
| 2 Начальное влагосодержание материала, % | 1 |
| 3 Конечное влагосодержание материала, % | 0 |
| 4 Начальная температура материала, 0C | 20 |
| 5 Температура спекания, 0С | 1750 |
| 6 Температура сушки, 0С | 800 |
| 7 Давление газа в печи (H2), МПа | 0,12 |
| 8 Плотность материала, г/см3 | 10,5 |
| 9 Рабочая длина печи, м | 10 |

Примечание:

1) материал находится в печи 24 часа ;

2) молибденовые обогреватели содержатся в вакууме ;

3) охлаждение проводится продувкой инертным газом .

# 2 Материальный расчет

Материальный расчет процесса сушки будет сводиться к составлению материального баланса и определению массовых расходов всех потоков. Уравнения материального баланса по влаге имеет вид:

,



,



где GH - массовый расход высушиваемого материала, кг/с;

GK - массовый расход высушенного материала, кг/с;

W - количество отводимой влаги, кг/с;

WH - количество влаги, содержащейся в высушиваемом материале, кг/с;

WK - количество влаги, содержащейся в высушенном материале кг/с;

Gc - массовый расход сухого материала, кг/с;

wCH - начальное влагосодержание материала, %;

wCK - конечное влагосодержание материала, %.

Из уравнения материального баланса (1) определим массовые расходы:

,



,



,



,



.



По результатам расчета составляем таблицу материального баланса.

Таблица 2 - Материальный баланс

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Приход | | | Расход | | |
| Статьи прихода | кг/сут | % | Статьи расхода | кг/сут | % |
| 1 Высушиваемый материал GH  Сухой материал GC  Влага WH | 707  700  7 | 99  1 | 1 Высушенный материал GK  Сухой материал GC  Влага WK  2 Влага W | 700  700  0  7 | 99  0  1 |
| Итого | 707 | 100 | Итого | 707 | 100 |

# 3 Тепловой расчет

Тепловой расчет сводится к составлению теплового баланса процесса сушки и процесса прокалки и определению количества подводимого тепла.

Уравнение теплового баланса процесса сушки имеет вид:

,



где - количество тепла, поступающего в печь с сухим материалом, Вт;



- теплоемкость материала, Дж/(кг К);



- начальная температура при входе в печь, 0С;



- количество тепла, поступающего в печь с влагой, Вт;



- теплоемкость влаги, Дж/(кгК);



Qнагр -тепло от нагревателей, Вт;

- количество тепла, отводимое из печи с сухим материалом, Вт;



- конечная температура материала при выходе из зоны сушки, 0С;



- количество тепла, отводимое из сушилки с влагой, Вт;



10% - потери тепла в окружающую среду, при открывании дверей и через футеровку и кирпичную кладку, Вт;



- количество тепла, поступающее с тележками, Вт;



255 Дж/(кг К);



- количество тепла, отводимое с тележками, Вт.



Определим составляющие уравнения теплового баланса:

;



;



;



;



;



;



;



Определим количество дополнительного тепла, подводимого к сушилке:

;



;



Результаты расчета теплового баланса процесса сушки приведены в таблице

Таблица 3 - Тепловой баланс

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Приход | | Расход | |
| Статьи прихода | кг/сут | Статьи расхода | кг/сут |
| 1 Высушиваемый материал  с сухим материалом QCH  свлагой QWH  2 C тележкой  3 Тепло нагревателя Qнагр | 1,041  0,194  0,035  55,04 | 1 С высушенным материалом QCK  2 С влагой WK  3 С тележкой  4 Потери | 41,652  7,74  1,416  5,504 |
| Итого | 56,314 | Итого | 56,314 |

Уравнение теплового баланса процесса прокалки имеет вид:

,



где - количество тепла, поступающего в печь с сухим



материалом, Вт;

- теплоемкость материала, Дж/(кгК);



- начальная температура при входе в зону спекания, 0C ;



Qнагр -тепло от нагревателей, Вт;

- количество тепла, отводимое из печи с прокаленным



материалом, Вт ;

- конечная температура материала при выходе из печи, 0С;



10% - потери тепла в окружающую среду, при открывании дверей и через футеровку и кирпичную кладку, Вт;



- количество тепла, поступающее с тележками, Вт;



255 Дж/кг К;



- количество тепла, отводимое с тележками, Вт;



Определим составляющие уравнения теплового баланса:

;



;



;



;



Определим количество дополнительного тепла, подводимого к сушилке:

;



;



Результаты расчета теплового баланса процесса сушки приведены в таблице

Таблица 4 - Тепловой баланс

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Приход | | | Расход | | |
| Статьи прихода | кВт | % | Статьи расхода | кВт | % |
| 1 С высушенным материалом QCH  2 C тележкой  3 Тепло нагревателя Qнагр | 41,652  1,416  56,86 | 41,8  1,4  56,8 | 1 С прокаленным материалом QCK  2 С тележкой  3 Потери | 91,12  3,12  5,686 | 91,3  3  5,7 |
| Итого | 99,928 | 100 | Итого | 99,926 | 100 |

# 4 Конструктивный расчет

В конструктивном расчете необходимо определить рабочий объем печи.

Продукция в печи располагается на тележках. Вместимость каждой тележки составляет 70 кг UO2. Период нахождения продукта в печи 1 сутки. Принимаем, что в печи может находиться 10 тележек. Длина каждой тележки l =300 мм, ширина 200 мм, грузоподъемность 70 кг. Расстояние между тележками принимаем 700 мм.

Размеры таблеток:

d=7,6 мм (готовые);

h=10 мм (готовые);

с учетом припуска на шлифование:

d=7,75 мм;

h=10,15 мм.

Плотность готовой таблетки 10,5 г/см3. Следовательно, масса таблетки



.



Длину рабочей зоны принимаем L=10 м, ширину Ь=0,7 м, высоту h=1 м.

Объем рабочей зоны равен:



Общая длина печи:

,



где l1 ,l2 - длины боксов загрузки и выгрузки соответственно.

# 5 Расчет конструктивных элементов печи на прочность

# 

# 5.1 Расчет фланцевого соединения кожуха

Кожух изготовлен из стали толщиной 6,35 мм. Кожух испытывается на герметичность до кирпичной кладки, в процессе окончательной сборки и перед нагревом. К фланцевым соединениям прикреплены змеевики водяного охлаждения, предназначенные для защиты прокладок. Конструкция прокладки обеспечивает герметичность на всем диапазоне рабочих температур.

**1 Принимаем расчетную температуру 20°С.**

Температура болта



**2 Допускаемое напряжение для материала болтов .**



**3 Толщина втулки фланца**

для приварного встык



**4 Диаметр болтовой окружности**



принимаем



где и - нормативный зазор между гайкой и втулкой (u =4 - 6).

**5 Наружный диаметр фланца**



где а - конструктивная добавка для размещения гаек по диаметру фланца

а = 52мм .

**6 Наружный диаметр прокладки**



где е - нормативный параметр, зависящий от типа прокладки.

е = 37 – для плоских прокладок и диаметра болта dб = 27мм .

**7 Средний диаметр прокладки**



где b - ширина прокладки.

Выбираем плоскую неметаллическую прокладку для нее b = 25мм .



**8 Количество болтов**



tш – рекомендуемый шаг расположения болтов, выбирается в зависимости от давления по таблице 1.43 [5,c97] .

tш = (4,2 – 5)\*dб = (4,2 – 5)\*27 = 113,4 – 135 .

Принимаем tш = 125мм .



Принимаем nб = 70шт .

**9 Высота фланца**



,



- принимается по рисунку 1.39 [5,c95] , =2,5 ;



- высота втулки фланца приварного встык



i – уклон втулки I = 1/3;

-толщина у основания втулки приварного встык фланца .



;



;



Принимаем hф = 60мм .

**10 Болтовая нагрузка, необходимая для обеспечения герметичности**



где- площадь поперечного сечения болта.



**11 Условие прочности болтов**



**12 Условие прочности прокладки**



**13 Условие герметичности фланцевого соединения, определяемое углом поворота фланца**



;



;



;



;



;



;



;



;



0,0052 < 0.013.

# 

# 5.2 Расчет пластин кожуха

Расчет проводим для случая прямоугольной пластины, нагруженной по всей поверхности давлением р=0,12 МПа, заделанной по контуру. Напряжения и прогибы находим по формулам:

; ; .



где - коэффициенты зависящие от отношения b/a;



a, b – длины сторон пластины, м. a = b = 2м.

;



;



.



Приближенно максимальные значения прогибов (в центре) и напряжения (в середине более длинной стороны) могут быть определены по следующим формулам:

;



.



к - коэффициент зависящий от отношения а/b



# 

# 5.3 Расчет футеровки

Расчет прочности футеровки при продольном растяжении по несущей способности при температуре до 50 С° производится исходя из следующего неравенства



Здесь R - расчетное сопротивление футеровки сжатию, R = 3,9 по табл.3.7 [3,с100];

F -площадь сечения элемента футеровки;

- коэффициент продольного изгиба, учитывающий снижение несущей способности.



.



Расчет элементов футеровки на прочность при осевом растяжении производят на основе неравенства



где N - растягивающая сила;

Rp - расчетное сопротивление футеровки, при растворе марки 5-100 следует принимать 0,16 МПа .



Расчет элементов футеровки на срез производят исходя из неравенства



где Q - расчетная поперечная сила;

Rcp – расчетное сопротивление футеровки срезу 0,16 МПа;

f - коэффициент трения по шву футеровки 0,7 ;

- среднее напряжение сжатия, ;



Расчет элементов футеровки на поперечный изгиб следует производить исходя из неравенства



где Q - расчетная поперечная сила;

Rra - расчетное сопротивление кладки главным растягивающим напряжениям при изгибе [3,табл.3.10];

b - ширина сечения;

z - плечо внутренней пары сил, z=(2/3)h.



Расчет устойчивости футеровки. Футеровку топок, выполненную из кирпичей, и свободно стоящие стены и столбы, имеющие сечение прямоугольной формы и значительную высоту, проверяют на допустимые отношения высоты стен к их толщинам:



где Н - высота футеровки,

h - толщина стены.

Это отношение не должно превышать 25.



Из [6,c.113] принимаем для стены высотой более 1000 мм и температуре печи более 1200 С, внутренний слой кладки выполняется из шамотного кирпича класса А, толщиной 300 мм; свод с пролетом - из того же материала толщиной 200 мм.

# 

# 5.4 Расчет каркаса

Распорное усилие свода должно быть воспринято каркасом. Приближенная сила горизонтального распора свода может быть определена по формуле



где К - коэффициент зависимости силы R от температуры, равен 3,5 при температуре более 1200°С,

Р - сила тяжести свода,

- центральный угол свода, град.



**Выбор профиля пятовых балок.** Момент сопротивления пятовой балки рассчитывают по формуле



где - допустимое напряжение на разрыв,



l - расстояние между балками каркаса.



Принимаем профиль пятовых балок в виде равнополочного угольника с размерами 90x90x8 мм.

**Определение сечения верхней поперечной связи.** Сечение верхней и нижней связей рассчитывают по формулам:

;



;



**Выбор профиля боковой стойки.** Момент сопротивления боковой стойки рассчитывают по формуле:



По найденному моменту сопротивления выбирают профиль боковой стойки:



Профиль боковой стойки - угольник равнополочный, с размерами 125x125x10 мм.

# 

# 5.5 Фундамент печи

Статическую нагрузку, слагающуюся из массы металлических деталей и футеровки, воспринимает фундамент печи. Фундамент выполняют из бутового камня, бетона или железобетона. Основное преимущество железобетона в сравнении с другими материалами (кроме прочности): возможность придания фундаменту любой сложной формы, что позволяет при малой строительной высоте (без значительного углубления в грунт) получить большую площадь давления фундамента на основание. Толщина фундамента должна быть такова, чтобы давление от печи передавалось на все основание и в фундаменте не возникло слишком больших изгибающих и скалывающих усилий.

Особенности сооружения фундаментов топок:

1) на один и тот же фундаментный массив нельзя опирать части печи и других сооружений, так как может произойти различная осадка фундамента и появятся трещины и перекосы в сооружении;

2) если конструкция топки располагается ниже уровня грунтовых вод, то фундамент строят так, чтобы исключался доступ воды к футеровке. Это достигается путем устройства вокруг фундамента глиняных стенок до 300 мм толщиной; гидроизоляции фундамента; искусственного снижения уровня грунтовых вод устройством дренажа; сооружения сварного кессона из мягкой стали;

3) основание фундамента должно быть расположено ниже глубины промерзания грунта ( обычно 1,8 м от уровня земли) ; в отапливаемых или горячих цехах углубление фундамента незначительно;

4) для предотвращения сильного нагревания фундамента от футеровки устраиваются воздушные каналы между ними .

Обыкновенно давление топки на грунт не превышает 100 кПа, поэтому сооружение фундаментов не представляет больших трудностей. Размеры основания фундамента определяются нагрузкой и допустимым давлением на грунт. Допустимую нагрузку на фундамент рассчитывают по формуле:



где R - предел прочности кирпичной футеровки при сжатии, Па;

F - полная площадь фундамента, м2;

F1 - нагруженная площадь фундамента .



- для бетона



## Литература

1 Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. - Л.: Химия, 1976. - 552с.

2 Плановский А.Н., Рамм В.М., Каган С.З. Процессы и аппараты химической технологии. - Л.: Химия, 1968. - 848 с.

3 Исламов М.Ш. Проектирование топок специального назначения. - Л.: Энергоиздат.1982. -168 с.,ил.

4 Исламов М.Ш. Печи химической промышленности - М.: Химия, 1969. -176с.,ил.

5 Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств./ Под ред. М.Ф. Михалева. Л.: Машиностроение, 1984. - 301 с.,ил.

6 Долотов Г.П., Кондаков Е.А. Конструкция и расчет заводских печей и сушил. М., Машиностроение, 1973, 272 с.