|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№ вар-та «N»** | **Материал садки** | **Вес, кг** | **Насыпной вес, кг/м3** | **Максимальная температура печи, 0С** | **Температура цеха, 0С** | **Время нагрева садки, час** | **Вес приспособлений из жароупора Х18Н9В, кг** |
| 6 | Чугун | 120 | 2500 | 800 | 20 | 2,6 | 9 |

**Задание на эскизный тепловой и электрический расчеты камерной печи периодического действия.**

**ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНОГО ЗАДАНИЯ**

*по дисциплине* промышленные электротехнологические установки.

**§ 3.10. Пример расчета камерной электропечи периодического действия.**

**§ 3.10.1. Исходные данные.**

Типовая садка: вес *G*=90 кг, насыпной вес σ=1500 кг/м3, материал садки – углеродистая сталь 20, максимально возможная температура рабочей камеры *t*п=1050˚C, температура цеха *t*0=20˚C, время нагрева садки τ=60 мин., вес технологических приспособлений (поддоны) для размещения садки *G*'=12кг, материал поддонов жароупор Х18Н9В, толщина подины из жароупора Х18Н9В, =5 мм. Защитной атмосферы нет.

**§ 3.10.2. Геометрия рабочей камеры.**

Объем занимаемый садкой (4):

*V*==0,06 м3

Принимаем условные размеры рабочей камеры: ширина *А*'=0,35 м, длина *В*'=0,45 м, высота *С*'=0,40 м, объем *V*'=0,35х0,45х0,40=0,063 м3.

Нагреватели размещены открыто на крючках на боковых и задней стенке камеры. Припуски к условным размерам на размещение нагревателей 40 мм на сторону, зазоры между нагревателями и садкой, стенками, сводом и садкой по 30 мм, зазоры между поддонами 35 мм. С учетом всех зазоров предварительные размеры камеры:

*А*=540 мм, *В*=600 мм, *С*=450 мм.

Площади стенок: боковых *F*ст=0,27м2, задней и передней *F*з=*F*фр=0,243 м2, свода и пода *F*св=*F*с=0,324 м2.

Окончательные размеры рабочей камеры определяются при рабочем проектировании печи из условия размещения нагревателей.

**§ 3.10.3. Расчет установленной мощности и тепловой расчет.**

Полезная мощность *Р*пол рассчитывается по формуле (9).

Средняя удельная теплоемкость садки в интервале температур 20-1050ºС (табл. 5) с=693 дж/кгºС

*Р*пол==17845вт≈17,8 кВт

Мощность, расходуемая на нагрев поддонов *Р*пр (9). Средняя удельная теплоемкость жароупора Х18Н9В в интервале температур 20-1050ºС (табл. 5) с=601 дж/кгºС.

*Р*пр==2060вт≈2,1 кВт

Тепловой расчет футеровки. Приводимая ниже конструкция футеровки выбрана по результатам нескольких предварительных расчетов. Далее приведен расчет окончательного варианта.

Огнеупорный слой – шамот легковес ШЛ-1,0. Допустимая температура 1300ºС (табл. 1), толщина слоя *S*1=230 мм.

Теплоизоляционный слой – пенодиатомитовый кирпич ПЭД-350, допустимая температура 900ºС (табл. 1), толщина слоя *S*2=230мм.

Принимаем условную среднюю температуру слоев *S*1 и *S*2 *t*ср=800ºС. Коэффициенты теплопроводности материалов при этой температуре (табл. 1) шамота λ1=0,52, Вт/м2ºС, пенодиатомита λ2=0,22, Вт/м2ºС. Толщины слоев в условных единицах *S*1'=*S*2'=1. Тепловые сопротивления слоев в условных единицах *R*1'=1.

*R*2'=.

Перепад температуры в слоях в условных единицах Δ*t*1'=1.

Δ*t*2'= *R*2'*S*2'=2,36·1=2,36.

Перепад температуры в футеровке в условных единицах:

Δ*t*'= Δ*t*1' + Δ*t*2'=1+2,36=3,36

Принимаем температуру на внешней поверхности боковых и задних стенок футеровки максимально допустимой *t*в=70ºС. Перепад температуры в футеровке Δ*t*=*t*п– *t*в= 1050-70=980ºС.

Перепад температуры в шамоте:

Δ*t*1'= Δ*t*=980=292ºС.

Перепад температуры в пенодиатомите:

Δ*t*1'=ºС.

Ориентировочно температура на границе шамот – неподиамит *t*сл=  *t*п-Δ*t*1=1050-292=758ºС.

Проведем уточненный расчет температуры в слоях футеровки.

Средняя температура огнеупорного слоя (шамот):

*t*ср ш =ºС.

средняя температура теплоизоляционного слоя (пенодиатомит):

*t*ср п= ºС.

Коэффициенты теплопроводности материалов при этой температуре (табл. 1) шамот λ1=0,54, Вт/м2ºС, пенодиатомит λ2=0,135, Вт/м2ºС. Принимаем, что внешняя поверхность печи окрашена обычной краской и при *t*в=70ºС, α=10,5, Вт/ м2ºС (табл. 6) тепловой поток через 1м2 боковых и задней стенок (11)

Вт/м2.

Температура на границе огнеупорного и теплоизоляционного слоев (18):

*t*'ст=1050-462 ºС.

Для пенодиатомита допустимая температура (табл. 1)

*t*д=900 ºС.       *t*'ст< *t*д.853ºС<900ºС.

Температура на внешней поверхности боковой и задней стенок (16):

*t*вст=20+ºС

*t*вст< *t*доп, 64ºС<70ºС

Для свода (14) св=1,2·10,5=12,6 Вт/м2ºС

Тепловой поток через 1м2 свода (11)

*Q*св=Вт/м2

температура в своде на границе шамот – пенодиатомит (18):

 *t*'св=1050-466=851ºС.               *t*'св<*t*д

Температура на внешней поверхности свода (16)

 *t*в св=20+466/12,6=57ºС.

Для пода (15): αп=0,7·10,5=7,35, Вт/м2ºС.

Тепловой поток через 1м2 пода (11):

*Q*п==454 Вт/м2.

Температура в поде на границе шамот – пенодиатомит (18):

*t*'п=1050-454=857ºС       *t*'п<*t*д.

температура на внешней поверхности пода (16):

 *t*вп=20+=87ºС.

температура на внешней поверхности пода существенно выше, чем на внешней поверхности стенок и свода.

Мощность потерь через футеровку (12).

Боковые и задняя стенки:

*Р*ст=*Q*ст(*F*ст+*F*3) = 462(0,27·2+0,243) =362 Вт;

свод  *Р*св=*Q*св*F*св=466·0,324=151 Вт;

под    *Р*п=*Q*п*F*п=454·0,324=147 Вт;

суммарные потери через футеровку:

*Р*фут=*Р*ст+*Р*св+*Р*п=362+151+147=660 Вт.

Тепловой расчет загрузочной дверцы.

Принимаем, что загрузочная дверца на передней стенке печи занимает всю ее площадь *F*дв=*F*ср р=0,243 м2. Теплоизоляцию дверцы выполняем набивкой муллитокремнистым волокном МКРР-130 с допустимой температурой 1150ºС (табл. 2), толщина набивки *S*=300 мм. Средняя температура набивки *t*наб==535ºС. Средний коэффициент теплопроводности (табл. 2)   λср=0,147, Вт/м2ºС,  α=10,5 (табл. 6). Тепловой поток через 1м2 дверцы (11):

*Q*дв==481 Вт/м2.

Температура внешней поверхности дверцы (16):

 *t*дв=20+=65,8ºС.      *t*дв<*t*д=70ºС

Мощность потерь через дверцу (12):

*Р*дв=*Q*дв*F*дв=481·0,243=117Вт≈0,12 кВт.

Номинальная мощность печи (6):

*Р*н=17,8+2,06+0,66+0,12=20,6 кВт.

Установленная мощность печи (7):

*Р*уст=1,3∙20,6=26,8 кВт.

**§ 3.10.4. Электрический расчет.**

Материал нагревателя выбран по результатам нескольких предварительных расчетов. Далее приведен расчет окончательного варианта.

Принимаем в качестве материала нагревателя фехраль Х23Ю5Т, *t*н=1300ºС, =1,45 мкОм·м (табл. 9). При рабочей температуре '=1,08·1,45=1,566 мкОмм. Нагреватель выполняем из ленты *а*=1мм, *d*=10мм, ленточный зигзаг с шагом *l*=10 мм (рис. 8):

=1, из табл. 7 *к*=0,42.

Расчетная площадь поверхности нагревателя (21):

*F*н=м2.

Принимаем печь трехфазной, соединение нагревателей – звезда, мощность одной фазы (25):

*Р*'уст==8,9 кВт.

Длина фазы нагревателя (24):

*L*ср=34,7 м.

Площадь поверхности трех фаз нагревателя:

*F*'н=3*L*ф(*а+d*)2=3·34,7·0,022=2,29 м2.

Фактическая площадь нагревателя *F*'н≥*F*н, что существенно увеличивает быстродействие системы автоматического регулирования температуры печи и повышает равномерность температурного поля рабочей камеры.

При рабочем проектировании печи по результатам размещения нагревателя в рабочей камере корректируются ее геометрические размеры. При существенном увеличении объема вышеприведенные расчеты повторяются. Рабочее проектирование печи в объем курса не входит.