**ВВЕДЕНИЕ**

Пластическая деформация и термическая обработка металла протекает при высоких температурах. Основными агрегатами для нагрева металла являются печи, в которых выделяется теплота в результате горения топлива или преобразования электрической энергии.

Печи должны удовлетворять следующим требованиям:

1. Обеспечивать высокую производительность при заданных технологических условиях нагрева.
2. Минимальный удельный расход топлива.
3. Возможность изменения производительности и ассортимента нагреваемых изделий.
4. Наличие механизации загрузки и выгрузки изделий.
5. Простата и безопасность обслуживания и ремонта.
6. Возможность автоматического управления печью.

В кузнечных цехах крупно серийного и массового производства большое распространение получили печи, имеющие большую производительность.

В толкательных проходных печах загрузка и выгрузка осуществляется непрерывно.

Современные нагревательные печи имеют механизмы загрузки и выгрузки изделий и продвижение их в печи;

Предусмотрено автоматическое регулирование теплового режима;

Для получения без окислительного нагрева металла применяют печи с защитной, контролируемой атмосферой.

Современные кузнечнопрессовые цеха оснащены быстроходными машинами для обработки металлов давлением. Для их бесперебойного обеспечения горячими заготовками требуются механезированые нагревательные печи. Нагрев изделий под термическую обработку осуществляется в проходных печах (массовое производство).

**1 НАЗНАЧЕНИЕ ПЕЧИ И ПРИНЦИП ЕЕ РАБОТЫ**

Печи нагревательные применяются для термической обработки однородных по форме и размерам изделий.

Конечная температура нагрева металла в этих печах до 1150оС.

Печи этого типа могут применяться как для работы с обычной печной атмосферой (индекс ТТО), так и с искусственной атмосферой (индекс ТТЗ). В последнем случае печи выполняются с муфелированием пламени (печи с рациональными трубами) или с муфелированием садки (печи муфельные).

Агрегаты толкального типа применяются для комбинированной термической обработки, например закалка – отпуск – нормализация – цементация (или нитроцементация) и др.

В зависимости от установленного режима термической обработки конечная температура нагрева металла может быть ниже предельно-допустимой для печей толкательных (1150оС). В этих случаях возможно включение в состав агрегатов печей в модификации с предельной температурой 650оС.

При низком отпуске (200оС) предусматриваются два типа размера толкательных печей в модификации до 200оС. Для остальных случаев низкого отпуска рекомендуется электронагрев.

В комплект установки печи входят собственно печь, толкатель для передвижения поддонов, выталкиватели, поддоны, средства возврата поддонов, приборы теплового контроля и автоматики, а также в случаях применения искусственной атмосферы – установка (или станция) приготовления соответствующей атмосферы.

В состав агрегатов в зависимости от их назначения, помимо соответствующих печей могут входить баки закалочные и замоченные, камеры охлаждения, моечные машины и соответствующие обрабатываемой продукции средства внутриагрегатного транспорта (конвейеры, опрокидыватели и др.).

При комплектации агрегатов вспомогательное оборудование стоит выбирать по IV части руководящего материала для специальных изделий может применяться специальное вспомогательной оборудование.

Нагреваемые изделия выкладываются на поддоны из жароупорной стали. Размеряя поддонов сертифицированы и согласованны с принятыми площадями полов печей. Печи отапливаются природным газом или нефтяным топливом (мазутом), сжигаемым с помощью типовых горелок или форсунок.

Для подогрева воздуха, идущего на горение, в печах работающих на газе низкого давления, применяются трубчатые или игольчатые чугунные рекуператоры. При отоплении печей мазутом игольчатые рекуператоры должны иметь защитные секции из термоблоков. Если печи отапливаются газом среднего давления, с применением инжекторных горелок, рекуператоры не устанавливаются, и воздух для горения не подогревается.

Продукты горения отводятся под зонт и далее в вытяжную трубу или борова и дымчатую трубу.

Печи с неискусственной атмосферой отапливаются теми же видами топлива при муфелировании садки и только природным газом при муфелировании пламени. Печи с муфелированием пламени могут быть как с вертикальным расположением радиационных труб, так и горизонтальным.

В печах с искусственной атмосферой устанавливаются специальные вентиляторы для перемешивания и рециркуляции печной атмосферы в целях интенсификации и равномерности процессов термообработки.

Тепловой режим и режим давления в печах поддерживается автоматически.

Печи и агрегаты устанавливаются на фундаменты.

Печи этого типа могут выполняться однорядными или при большой производительности двухрядными.

Высота рабочего пространства печей принимается ~0,8 от ширины, но может уточняться по согласованию с ведущей проектной организацией.

Кладка печей выполняется из шамотного, шамотного легковесного, диатомового и глиняного (красного) кирпича и заключаться в сварной металлический каркас с обшивкой из листовой стали.

Производительность печей изменяется, в зависимости от марки стали, вида термообработки, топлива и должна уточняться в каждом конкретном случае.

В связи с развитием техники радиационного нагрева применение муфельного нагрева ограничено.

Толкательная печь с нижними топками для термической обработки и нормализации штампованных заготовок или для нагрева заготовок из цветных сплавов. Нормализация – нагрев до пластического состояния. Поддоны с деталями устанавливают с помощью монорельса на стол загрузки и толкателем подаются в печь. Заслонка, перемещаясь по чугунной раме, плотно закрывает рабочее окно. Газ, сжигаемый в нижних топках, подается горелками. Продукты горения выходят из топок через боковые каналы, обогревают садку и удаляются через дымоходы, над которыми установлен рекуператор для нагрева воздуха. Для устранения подсосов холодного воздуха в торцевой стенке установлены две горелки и выполненные топочные каналы. После нагрева изделий поддон выкатывается по наклонной плоскости на последующую операцию. В печи имеются две тепловые зоны с автоматическим регулированием температурного режима.

Для измерения температур в нагревательных печах преимущественно применяют термопары. Сущность их работы заключается в том, что в месте соединения двух нагретых электродов из разных материалов или сплавов возникает термоэлектродвижущая сила (т. э. д. с.), если к двум другим концам этих проводников подключить чувствительный милливольтметр, то он покажет величину т. э. д. с.

Спаи электродов помещают в среду с температурой, которую требуется измерить. Свободные концы термопары, к которым подсоединяют соединительные провода, располагают в местах с более низкой и постоянной температурой. Для предохранения от механических повреждений электроды, предварительно изолированные друг от друга фарфоровой изоляцией (бусами), заключают в металлические трубки (или при температуре выше 1200о С в фарфоровые трубки).

Наибольшее применение получили платинородиевая – платиновая (ТПП), хромель-алюмелевая (ТХА) и хромель-копелевая (ТХК) термопары. При длительной эксплуатации термопарами ТПП можно измерять температуру до 1300о С, термопарами ТХА до 1100о С и термопарами ТХК до 600о С. При кратковременных измерениях пределы измеряемых температур повышается для всех термопар на 200о С.

При установке термопар в рабочем пространстве печи трудно обеспечить постоянство температуры их свободных концов. Для перенесения свободных концов термопар в зону постоянных температур применяют специальные компенсационные провода, удлиняющие как бы электроды термопар. Изоляция компенсационных проводов имеет различную опознавательную расцветку для правильного подключения их к электродам термопар.

Для измерения т. э. д. с. применяют переносные показательные милливольтметры, щитовые показывающие милливольтметры и самопишущие милливольтметры на одну, три и шесть точек измерения.

Все милливольтметры являются приборами магнитоэлектросистемы, у которых в поле постоянного магнита вращается рамка, намотанная из тонкой проволоки на железные сердечники.

Ток к рамке подводится от термопары. При прохождении электротока через рамку возникает магнитное поле, которое взаимодействует с магнитным полем магнита, в результате чего рамка проворачивается. При повороте рамки спиральные пружинки закручиваются, а при исчезновении поля возвращает стрелку милливольтметра в нулевое, исходное положение.

Каждому значению т. э. д. с. соответствуют определенный угол поворота рамки; при этом по положению стрелки милливольтметра определяют силу тока в цепи, а следовательно, и измеряемую температуру. Потенциометры применяют для непрерывного измерения и регистрации температур, а также для автоматического регулирования тепловых процессов. Источник питания, э. д. с. замкнут через выключатель на цепь, состоящую из постоянного балластного сопротивления, реостата и реохорда. Термопара, развивающая т. э. д. с. подключается к началу реохорда и к движку реохорда; полярность соединения должна соответствовать принятой схеме, т. е. измеряем т. э. д. с. и э. д. с. источника питания должны быть направлены на встречу друг другу.

Силу рабочего тока в цепи реохорда устанавливается перед началом измерением. Рабочий ток в цепи реохорда устанавливают обычно раз в смену. В автоматических электронных потенциометрах эту операцию выполняют нажатием на кнопку «стандартизация тока».

Непрерывно измеряют, записывают и регулируют температуру электронными автоматическими потенциометрами, у которых в качестве нуль - гальванометра используют электронный усилитель.

Рисунок 1 – Толкательная печь

1. Толкатель
2. Стол загрузки
3. Заслонка
4. Дымоход
5. Чугунная рама
6. Рекуператор
7. Горелки
8. Топочные каналы
9. Наклонная плоскость
10. Горелки

**2 РАСЧЕТ ГОРЕНИЯ ТОПЛИВА**

Печь отапливается природным газом месторождения «курдюмское».

Коэффициент расхода топлива n=1

##### Таблица 2.1 – Состав природного газа

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| CH4 | C2H6 | C4H10 | N2 |
| 92,2 % | 0,8 % | 1,0 % | 6,0 % |

Химические реакции горения**.**

CH4 + 2O2 = CO2 + 2H2O

C2H6 + 3,5O2 = 2CO2 + 3H2O

C4H10 + 6,5O2 = 4CO2 + 5H2O

N2 ТОП→N2 ПР ГОР

Расчет ведем на 100 м3 газа

**2.1 Расчет количества воздуха, количества продуктов горения и их состав**

Таблица 2.2 – Расчет горения топлива

| Топливо | Воздух | Продукты горения |
| --- | --- | --- |
| Состав-ляющие | Содер-жание в %  | Коли-чествов м3 | O2 | N2 | Всего | CO2 | H2O | O2 | N2 | Всего |
| CH4C2H6C4H10N2 | 92,20,81,06,0 | 92,20,81,06,0 | 184,42,86,5 | 193,7\*\*3,76==728,3 | 193,7++728,3==922 | 92,21,64**-** | 184,41,65**-** | **-**-**-****-** | 728,3++6=734,3 | 97,8+191++734,3==1023,1 |
|  | 100 | 100 | 193,7 | 728,3 | 922 | 97,8 | 191 | - | 734,3 | 1023,1 |
| Коэф-фициентрасходавоздухаn | n=1состав в % | 21 | 79 | 100 | 9,56 | 18,67 | - | 71,77 | 100 |
| n=1,1количествов м3 | 213,07 | 801,13 | 1014,2 | 97,8 | 191 | 9,91 | 807,73 | 1106,44 |
| n=1,1состав в % | 21 | 79 | 100 | 8,84 | 17,26 | 0,90 | 73 | 100 |

**2.2 Расчет калориметрической температуры горения**

а) определяем низшую теплотворную способность топлива.

Qpн = 358 \* СН4 + 640 \*С2Н6 + 1180 \* С4Н10 кДж/м3

где СН4, С2Н6, С4Н10 – процентное содержание соответствующих составляющих топлива.

Qpн = 358 \* 92,2 + 640 \* 0,8 + 1180 \* 1= 33007,6 + 512 + 1180 = 34699,6кДж/м3

б) определяем количество образовавшихся продуктов горения.

Vg| = Vg /100 м3/м3

Vg| = 1106,44 / 100 =11,0644 м3/м3

в) Находим теплосодержание продуктов горения.

i0 = Qpн/ Vg| кДж/м3

i0 =34699,6/11,0644=3136,15 кДж/м3

г) По полученному теплосодержанию определяем вероятную температуру горения t1.

t1 = 1900 0C

д) Находим теплосодержание при температуре t1.

i1 = 0,01 \* t1 \* (CO2 \* Ct1CO2 + H2O \* Ct1H2O +N2 \* Ct1N2) кДж/м3

где СО2, Н2О, N2 – процентное содержание продуктов горения;

Ct1CO2, Ct1H2O, Ct1N2 – теплоемкость соответствующих продуктов горения при температуре t1.

е) Задаем значение температуре t2.

t2 = t1 +100 0C

t2 = 1900 + 100= 2000 0C

ж) Находим теплосодержание продуктов горения при температуре t2 (аналогично i1)

i1 = 0,01 \* 1900 \* (8,84 \* 2,42 + 17,26 \* 1,93 + 73 \* 1,48) = 3092,2 кДж/м3

i2 = 0,01 \* 20000 \* (8,84 \* 2,43 + 17,26 \* 1,94 + 73 \* 1,49) = 3274,7 кДж/м3

Поскольку i1<i0>i2 значение калориметрической температуры находим методом интерполяции

tk = t1 + (i0 – i1)/(i2 – i1) = 1900 + (3136,15 - 3092,2)/(3274,7 – 3092,2) = 1900,24 0C

з) Находим tпр при η = 0,62…0,82

tпр = η \* tk

tпр = 0,72 \* 1900,24 = 1368,2 0С

**2.3 Материальный баланс горения**

|  |  |
| --- | --- |
| Поступило газа 100 м3, в том числе кг. | Получено продуктов горения |
| CH4 = 92,2 \* 16/22,4 = 65,9 | CO2 = 97,8 \* 44/22,4 = 192,1 |
| C2H6 = 0,8 \* 30/22,4 = 1,07 | H2O = 191 \* 18/22,4 = 153,5 |
| C4H10 = 1,0 \* 58/22,4 = 2,6 | O2 = 9,91 \*32/22,4 = 14,6 |
| N2 = 6 \* 28/22,4 = 7,5 | N2 = 807,73 \*28/22,4 = 1009,7 |
| 77,07 | 1369,46 |

|  |
| --- |
| Воздуха: О2 = 219,07 \* 32/22,4 = 304,39 |
|  N2 = 801,13 \* 28/22,4 = 1001,41 |
| 1305,8 |

∑прих = 77, + 1305,8 = 1382,87 кг

∑расх = 1369,46 кг

**3 РАСЧЕТ НАГРЕВА МЕТАЛЛА**

Нагрев металла в печах является очень важной операцией. Металл желательно нагревать быстро, т.к. в этом случае уменьшается его угар, увеличивается производительность печи и уменьшает удельный расход топлива на нагрев. Из этих соображений целесообразно выбирать оптимальный температурный режим печи, обеспечивающий с одной стороны, быстрый нагрев металла, а с другой, не создающий в нагреваемом металле чрезмерных механических напряжений, которые могут привести к образований трещин.

Продолжительность нагрева металла до заданной температуры является важным параметром, определяющим производительность печи и ее габаритные размеры.

Расчет нагрева металла начинается с определения критерия Bi.

Критерий Bi проводит границу «тонких» и «массивных» тел.

Bi ≤ 0,25 - тело «тонкое»

Bi > 0,5 - тело «массивное»

Bi = α∑ \* S/λ

где

S – прогреваемая толщина, м. Нагрев односторонний.

S = 0,09 м

λ – средний коэффициент теплопроводности, Вт/(м \* оС)

λ20 = 51,9 Вт/(м \* оС)

λ800 = 25,9 Вт/(м \* оС)

λср = λ20 + λ800/2 = 51,9 +25,9/2 = 38,9 Вт/(м \* оС)

α∑ - суммарный коэффициент теплоотдачи от газа к металлу, Вт/(м2 \* оС)

α∑ = 0,092 \* (Тп/100)3

Тп – температура печи конечная, оС

Тп = tн + 273 +50

Тп = 800 + 273 + 50 = 1123 оС

 α∑ = 0,092 \* (1123/100)3 =130,3 Вт/(м2 \* оС)

Bi = 130,3 \* 0,09/38,9 = 0,3 – тело «массивное»

τн =

где

m – коэффициент массивности.

m =

К2 – коэффициент усреднения теплового потока по сечению тела.

К3 – коэффициент усреднения разности температуры в теле.

m =

S – характерный размер тела, м

С – удельная теплоемкость металла, Дж/(кг \* оС)

 - плотность металла, кг/м3

К1 – коэффициент формы тела К1 = 1,7

α – коэффициент теплопередачи, Вт/(м2 \* оС)

tп – температура печи, оС

tн – начальная температура металла, оС

tк – конечная температура металла, оС

τн = с

τн = 2,7 ч

τв – время выдержки, ч

τв = 0,5 ч

τоб – общее время, ч

τоб = τн + τв

τоб = 2,7+ 0,5 = 3,2 ч

###### 4 РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ РАЗМЕРОВ ПЕЧИ

**4.1 Расчет основных размеров рабочего пространства печи**

F - площадь активного пода, м2

F = G/q

где

G – производительность печи, кг/ч

q – удельная производительность печи на активный под q = 140 кг/(м2 \* ч)

f = 2150/140 = 15,4 м2

La - длина активного пода, м

La = F/l

где

l – длина изделия, м

La = 15,4/1,6 = 9,6 м

La = Lp, где Lp – длина рабочего пространства печи, м

Вр – ширина рабочего пространства, м

Вр = 1,6 + 2 \* 0,25 = 2,1 м

Нр – высота рабочего пространства печи, м

Нр = 1,2 м

Кладка печи выполняется из огнеупорного шамотного кирпича и изоляционного диатомитного кирпича.

Sшам = 0,23 м

Sдиат = 0,115 м

**4.2 Расчет габаритных размеров печи**

L – длина м, B – ширина м, H – высота м.

L = 11,4 м

В = 3,65 м

Н = 3,2 м (без механизма), 3,4 м (с механизмом).

Fкл - площадь поверхности стен печи, м2

Fкл = 2Fбок + 2Fпод, свод + 2Fт. стенки

Fкл = 2KH + 2LB + 2BH

Fкл = 2 \* 11,4 \* 3,2 + 2 \* 11,4 \* 3,36 + 2 \* 3,36 \* 3,2 = 72,96 + 83,22 + 23,36 = = 179,54 м2

Из полученной площади пове5рхности кладки печи вычитаем площадь рабочего окна.

F/кл = Fкл – Fр. о.

Размер рабочего окна

Вр. о. – ширина рабочего окна, м

Вр. о. = l + 100

Вр. о. = 1600 + 100 =1700 =1,7 м

Нр. о. – высота рабочего окна, м

Fр. о. = Вр. о. \* Нр. о.

Fр. о. = 1,7 \* 0,8 = 1,36 м2

F/Кл = 179,54 - 1,36 = 178,18 м2

**5 ЭСКИЗ ПЕЧИ**

Рисунок 2 – Эскиз печи

**6 ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС НАГРЕВАТЕЛЬНОЙ ПЕЧИ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ**

Тепловой баланс печи важная характеристика тепловой работы.

**6.1 Статьи прихода**

6.1.1 Химическая теплота сгорания топлива, Вт

Qхим = Qн \* B

где

Qн – низшая теплота сгорания топлива, Дж/м3

Qн = 34699 \* 103 Дж/м3

В – расход топлива, м3/с

Qхим = 34699 \* 103 \* B

6.1.2 Физическая теплота, вносимая подогретым воздухом, Вт

Qф. в. = Cв \* tв \* Vв \* B

где

Св – средняя удельная теплоемкость воздуха при tв, Дж/(м3 \* оС)

tв – температура воздуха, оС

Vв – количество воздуха, необходимое для горения топлива, м3/м3

6.1.3 Химическая теплота окисления металла, Вт

Qхим. ок. = 0,01 \* 5652 \* mм

где

mм – количество каждого окисленного элемента металла

Qхим. ок. = 0,01 \* 5652 \* 0,6 = 33,9 Вт

#### 6.2 Статьи расхода

6.2.1 Теплота необходимая для нагрева металла, Вт

Qпол = Cм \* (tмк – tмн) \* mм

где

Cм – средняя удельная теплоемкость металла в интервале tмк – tмн,

 Дж/(кг \*оС)

tмк, tмн – конечная и начальная температура металла, оС

mм – масса нагретого или расплавленного металла (производительность печи), кг/с

mм = G/3600 кг/с

G – часовая производительность печи кг/ч

mм = 2150/3600 = 0,6 кг/с

См = 703 Дж/(кг \*оС)

Qпол = 703 \* (800 – 20) \* 0,6 = 329004 Вт

6.2.2 Физическая теплота продуктов горения топлива, Вт

Qп.г. = Cп.г. \* tп.г. \* V/п.г. \* B

где

Сп.г. – удельная теплота продуктов горения при tп.г., Дж/(кг \*оС)

tп.г. – температура продуктов горения, оС

V/п.г. – единицы топлива, м3/м3

Сп.г. = 1410 Дж/(кг \* оС)

tп.г. = 1400 оС

V/п.г. = 11,06 м3/м3

Qп.г. = 1410 \* 1400 \* 11,06 \* В = 21832440 \* В Вт

6.2.3 Потери теплоты теплопроводностью через кладку, Вт

Qкл = K \* Fкл \* (tпеч – tв)

где

К – коэффициент теплопередачи от печного пространства в окружающий воздух через стенку, Вт/(м2 \* оС)

К =

α1 –коэффициент теплопроводности конвекцией от газов к металлу,

 α1 = 130,3 Вт/(м2 \* оС)

α2 – коэффициент отдачи конвекцией в среду от наружных стен печи в окружающую среду, α2 = 20 Вт/(м2 \* оС)

S1 – толщина огнеупорного слоя из шамотного кирпича, S1 = 0,23 м

S2 – толщина изоляционного слоя из диатомитного кирпича, S2 = 0,115 м

λ1 – коэффициент теплопроводности шамотного кирпича, Вт/(м2 \* оС)

λ1 = 0,84 + 0,6 \* 10-3 \* tср.ш. Вт/(м2 \* оС)

tср.ш. – средняя температура огнеупорного слоя из шамотного кирпича, оС

tср.ш. = tп + tн/2

tср.ш. = 850+60/2 = 455 оС

λ1 = 0,84 + 0,6 \* 10-3\* 455 = 1,113 Вт/(м2 \* оС)

λ2 – коэффициент теплопроводности диатомитного кирпича, Вт/(м2 \* оС)

λ2 = 0,11 + 0,232 \*10-3 \* tср.д.

tср.д. – средняя температура слоя из диатомитного кирпича, оС

tср.д. = tср.ш.+20/2

 tср.д. = 455+20/2 = 237,5 оС

λ2 = 0,11 + 0,232 \*10-3 \* 237,5 = 0,1651 оС

К = Вт/(м2 \* оС)

Qкл = 1,1 \* 179,54 \* (900 – 20) = 173794 Вт

6.2.3 Потери теплоты излучением через открытые окна и отверстия, Вт

Qи = Со \* (Тпеч/100)4 \* Fок \* Ф \* τ

где

Fок площадь открытого окна, м2

Fок = 1,36 м2

Ф – коэффициент диафрагмирования. Зависящий от толщины стен и конфигурации окна

τ – время, в течении которого открыто окно (при постоянно открытом окне τ = 1)

Со - коэффициент излучения абсолютно черного тела, Вт/(м2 \* оС)

Со = 5,76 Вт/(м2 \* оС)

Тпеч – температура печи конечная, оС

Тпеч = 900 +273 = 1173 оС

Qи = 5,76 \* (1173/100)4 \* 1,36 \*0,6 \* 1 = 88982 Вт

6.2.4 Теплота, затрачиваемая на нагрев транспортирующих устройств, Вт

Qтр = Cтр \* (tктр – tнтр) \* mтр

где

Стр – средняя удельная теплоемкость транспортирующих устройств в интервале температур tктр – tнтр, Дж/(кг \* оС)

Стр = 595 Дж/(кг \* оС)

tктр, tнтр – конечная и начальная температуры транспортирующих устройств, оС

tктр = 800 оС

tнтр = 20 оС

mтр – масса транспортирующих устройств, проходящих через печное пространство в единицу времени, кг/с

mтр = 0,2 \* Рсад

Рсад – садка печи, кг/с

Рсад = G \* τ об

Рсад = 2150 \* 3,2 = 6880 кг

Рсад = 6880/3600 = 1,9 кг/с

mтр = 0,2 \* 1,9 = 0,38 кг/с

Qтр = 595 \* (800 – 20) \* 0,38 = 176358 Вт

6.2.5 Неучтенные потери обычно принимают равными 10 – 15% от суммы всех потерь теплоты, за исключением полезно затраченной, Вт

 Qнеучт = 0,1/0,2 \* (Qрасх – Qпол)

Qнеучт = 0,1/0,2 \* (21832440 \*В + 768136 – 329004) = 0,5 \* (21832440 \* В + + 439132)= 0,5 \* 21832440 \* В + 0,5 \* 439132 = 10916220 \* В + 219566 Вт

Приравнивая сумму статей прихода к сумме статей расхода, находим расход топлива, В м3/с

34699000 \* В + 4015440 \* В + 33,9 = 329004 + 21832440 \* В + 1173794 +

+ 88982 + 17358 + 10916220 \* В + 219566;

38714440 \* В + 33,9 = 984704 + 32748660 \* В;

38714440 \* В – 3 2748660 \* В = 984704 – 33,9;

5965780 \* В = 984670,1;

В = 984670,1/5965780

В = 0,165053 м3/с

**6.3 Таблица теплового баланса**

Таблица 6.1 – Тепловой баланс печи

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  Статьи прихода |  кВт |  % |   Статьи расхода |  кВт |   % |
| 1 Химическая теплота сгорания топлива.2 Физическая теплота воздуха.3 Химическая теплота окисления металла  |  5684  625 0,0339 | 90,09  9,9 0,01 | 1 Нагрев металла2 Теплота с уходящими продуктами горения3 Потери через кладку4 Излучение через окна5 Неучтенные потери | 329,0043633,61173,8892081 | 5,2257,622,761,433 |
|  Всего | 6309,03 |  100 |  Всего | 6306,414 |  100 |

**7 ТЕПЛО ТЕХНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПЕЧИ**

После составления теплового баланса печи определяем следующие основные теплотехнические показатели: коэффициент полезного действия печи (КПД) η, идеальный расход тепла (q), идеальный расход топлива (В).

Наиболее важной величиной является удельный расход условного топлива, который характеризует степень теплотехнического совершенства печи.

Термический коэффициент полезного действия печи, %

 ηкпд = Qпол/Qхим

ηкпд = 329,004/5684 = 5,8 %

Идеальный расход тепла, кВт/(кг/ч)

q = Qхим/P

q = 5684/671,9 = 8,5 кВт/(кг/ч)

Удельный расход условного топлива, кг/ч

P = G/τоб

P = 2150/3,2 = 671,9 кг/ч

Идеальный расход топлива, кг условного топлива/т стали

В = Qхим/Р \* 29 \* 310

В = 5684/671,9 \* 29 \* 310 = 76 кг условного топлива/т стали

**8 МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОХРАНЕ ТРУДА И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

Для безопасности работы персонала, обслуживающего нагревательные печи, обязательно выполнение правил по технике безопасности.

Взрывчатая смесь может образоваться, если до пуска печи газопровод не был продут. Воздух, оставшийся в газопроводе, смешиваясь с газом, образует взрывчатую смесь. Продувка газопровода газом с удалением его через продувочную свечу и последующая проверка содержания в нем кислорода – обязательные операции, предотвращающие взрыв.

При резком снижении давлении газа воздух через горелки может попасть в газопровод и образовать взрывчатую смесь. Для предупреждения этого необходимо газопровод и печь отключать при давлении менее 200 – 400 Н/м2.

Взрывчатая смесь образуется во время ремонта при плохой продувке газопровода или при проникновении в него газа через не плотности в задвижках. Во избежание этого надо устанавливать заглушку, отсекающую ремонтируемый участок газопровода от действующей сети, и своевременно продувать его.

Взрывчатая смесь образуется при попадании в воздухопровод газа или паров мазута через горелку при небольшом давлении воздуха, а также при не правильном пуске печи с отключенным вентилятором, т. е. когда вначале подают газ и поджигают его, а затем включают вентилятор. При этом газ может проникнуть в воздухопровод и образовать взрывчатую смесь, попадание которой на костер, горящий в печи, или факел запальника приводит к взрыву.

Для предупреждения взрывов при пуске печи предварительно включают вентилятор, продувают воздухопровод, а затем уже включают горелки.

Взрывы газов в печи, топке и борове могут произойти в следующих случаях:

– при недостаточной плотности запорных задвижек у горелок, через которые газ просачивается и заполняет печь;

– при нарушении инструкции при пуске печи, когда вначале подают газ, а потом подносят к горелке факел, который может погаснуть;

– в низкотемпературных печах, работающих при температурах не выше 500оС (ниже предела воспламенения газа), когда газ подается с избытком; при этом газ, не успевший сгореть в топке, может образоваться взрывчатая смесь в рабочем пространстве печи;

– при прекращении горения топлива в низкотемпературных печах с автоматическим регулированием температуры при выключении и включении горелок;

– при работе печи с недостатком воздуха, когда топливо, не сгорающее в печи, смешивается в боровах с воздухом, засасываемым через не плотности в шиберах и кладке, и образует взрывчатую смесь;

– при испарении мазута, когда его подают в большом количестве, особенно в начальный период пуска печи; при испарении его образуется взрывчатая смесь.

При перекрытии вентилей, установленных на трубах, подающих и отводящих воду от водоохлаждающей арматуры (рам, заслонок, глиссажных труб), оставшаяся в арматуре вода испаряется, давление в трубах резко повышается, что может привести к разрыву вентилей. Для предупреждения этого регулировочные вентили следует устанавливать только на трубах, подводящих воду к арматуре; на трубах, отводящих ее, их устанавливать нельзя.

Цилиндры пневмотолкателей и подъемников могут взорваться в том случае, если толщина их стенок мала, и не рассчитана на давление, оказываемое на стенки. Разрывы чугунных крышек и взрыв цилиндров особенно опасны.

Во избежание взрывов пневмоцилиндров толщину стенок следует определять расчетом. После сборки цилиндры должны подвергаться особым гидравлическим испытаниям при повышенном давлении. Испытывать их компрессорным воздухом или паром запрещается.

Взрыв в селитровых ваннах может произойти при прогорании стенок тигля. При температуре выше 600оС селитра интенсивно испаряется, осаждается на одежде персонала, обслуживающего ванны, стенах здания и оборудовании, что не безопасно. Поэтому при эксплуатации селитровых ванн необходимо соблюдать правила по технике безопасности. Нельзя использовать ванны с наружным обогревом, они должны быть с внутренним обогревом специальными трубчатыми электронагревателями. Должно быть исключено попадание в селитру аммонийных и фосфатных солей, алюминиевой и магниевой стружки и органических соединений, с которыми, соединяясь, селитра образует взрывчатые соединения.

В масляных ваннах возможны перегрев и воспламенение масла. Для безопасной работы температура воспламенения масла должна быть на 80 – 100оС выше температуры нагрева деталей. В масляных ваннах имеются устройства для гашения пламени паром и сливные баки для аварийного спуска масла.

Для предупреждения перегрева селитры или масла предусмотрены автоматическое регулирование температуры и автоматическая сигнализация, предупреждающие обслуживающий персонал о повышении температуры селитры или масла выше допустимой.

При разогреве соль, застывшая на дне холодной соляной ванны, быстро плавится, тогда, как верхние ее слои находятся еще в твердом состоянии. При этом объем расплавленной соли увеличивается, гидростатическое давление на стенки тигля повышается, и он может взорваться. Во избежание этого соль в ваннах нельзя доводить до полного затвердевания. Если же она затвердела, то, используя специальные приспособления, расплавляют верхние слои соли.

Влага в виде льда, снега или воды, попадая в расплавленную ванну, быстро испаряется, что приводит к взрыву и выбросу соли из ванны. Для предупреждения взрывов запрещается загружать ванну деталями, поверхность которых покрыта льдам или снегом. Во избежание попадания влаги селитровые, и масляные и щелочные ванны снабжают крышками и экранами.

Газовое топливо, продукты неполного горения и контролируемые атмосферы не имеют запаха, цвета и способны проникнуть через любые не плотности и даже фильтры противогазов.

По степени воздействия на организм человека вредные вещества подразделяют на 4 класса:

1. Чрезвычайно опасные;
2. Высоко опасные;
3. Умеренно опасные;
4. Малоопасные.

Окись углерода – наиболее опасная составляющая газообразного топлива и продуктов неполного горения газа. Она не имеет запаха, цвета и раздражающих свойств, которые могли бы своевременно сигнализировать о ее присутствии в атмосфере.

Сернистые соединения (сероводород, сернистый газ, содержащиеся в газообразном топливе или продуктах горения) вызывают раздражение слизистых оболочек и верхних дыхательных путей. Однако даже ничтожные концентрации сернистых соединений в атмосфере быстро обнаруживаются по запаху.

Углекислый газ, содержащийся в продуктах горения топлива, в полтора раза тяжелее воздуха, он может скапливаться на дне колодцев, в приямках и боровах. Отравление этим газом сопровождается головной болью, шумом в ушах, сердцебиением и обмороком. Хронических отравлений не бывает.

Метан, ацетилен, этан и этилен – это составная часть промышленного газового топлива и в первую очередь природного газа. Метан иногда встречается в канализационных колодцах и трубах.

Аммиак – сильно пахнущий газ. Раздражает верхние дыхательные пути.

Окислы азота могут образовываться при эксплуатации цианистых ванн для азотирования изделий. Удаляют их за пределы цеха с помощью мощной вентиляции.

Из цианистых соединений наиболее опасен цианистый водород, образующийся при взаимодействии цианистых солей с влагой или соляной кислотой. При обслуживании цианистых ванн необходимо выполнять все правила по технике безопасности.

В большинстве случаев отравление происходит через органы дыхания. Поэтому основное внимание должно быть обращено на обеспечение безопасных концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны, что достигается герметичностью аппаратуры и соответствующей вентиляцией промышленных помещений.

Для воздуха рабочей зоны производственных помещений устанавливают предельно допустимые концентрации вредных веществ, утверждаемые Минздравом РФ, превышение которых не допускается (таблица 8.1)

Таблица 8.1 – Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вещества | Предельно допустимая концентрация, мг/м3 | Класс опасности | Агрегатное состояние\*\*\* |
| Аммиак | 20 | 4 | п |
| Марганец | 0,3 | 2 | а |
| Окись азота (в пересчете на NO2) | 5 | 2 | п |
| Окись углерода\* | 20 | 4 | п |
| Сероводород | 10\*\* | 2 | п |
| Фенол | 5\*\* | 3 | п |
| Цианистый водород | 0,3\*\* | 2 | п |
| Этилмеркаптан | 1 | 2 | п |
| \* При продолжительной работе в атмосфере, содержащей окись углерода, не более 1 ч предельно допустимая концентрация окиси углерода может быть повышена до 50 мг/м3, при продолжительности работы не более 30 мин – до 100 мг/м3, при продолжительности не более 15 – до 200 мг/м3. Повторные работы в условиях повышенного содержания окиси углерода в воздухе рабочей зоны можно выполнять с перерывом не менее 2 ч.\*\* Опасны также при поступлении через кожу.\*\*\* п– пары и (или) газы; а – аэрозоли. |

Предельно допустимыми концентрациями веществ в воздухе рабочей зоны являются такие, которые при ежедневной работе в пределах 8 ч в течение всего рабочего стажа не могут вызвать у работающих заболеваний или отклонений в состоянии здоровья.

Концентрации газов в атмосфере цеха определяются различными методами. Наиболее простым из них является метод определения с помощью бумаги (индикаторной), пропитанной различными реактивами, цвет которых изменяется в зависимости от концентрации газа. Например, индикаторная бумага, пропитанная 1%-ным раствором хлористого палладия и обработанная 5%-ным раствором уксусно-кислотного натрия, при внесении в атмосферу, загрязненную окисью углерода, чернеет. При концентрации в атмосфере цеха 760мг/м3 СО индикаторная бумага сразу же чернеет, при концентрации 76мг/3 – через 1 мин, а при 7,6мг/м3 – через 20 мин.

С помощью различных газоанализаторов определяют концентрацию газов в газопроводе или печи перед ремонтом. Однако эти приборы не сигнализируют о повышении концентраций газов в рабочей зоне. Поэтому в таких помещениях, как, например, машинные залы на газоповысительных станциях, необходимо устанавливать автоматические газоанализаторы, сигнализирующие о повышении концентраций выше допустимых.

Повышение концентраций газов чаще всего связанно с проникновением их в производственные помещения при наличии не плотностей в газопроводах, при недостаточной продувке их или печей перед ремонтом. Безопасные концентрации достигаются абсолютной герметичностью газопроводов и запорной аппаратуры, тщательно контролируемой при систематических осмотрах газовых коммуникаций.

Кузнечные и термические печи, и раскаленный металл излучают большое количество теплоты. Интенсивность теплового излучения достигает 25 – 40кДж/(см2 ∙ мин). При интенсивности 16кДж/(см2 ∙ мин) на незащищенной поверхности тела могут появиться ожоги.

Для борьбы с тепловыделением применяют различные предохранительные устройства: туширующие переносные вентиляторы, защитные очки, футерованные заслонки, экран с водяной или воздушной завесой.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1 Телегин А. С., Лебедев А. Н. Конструкция и расчет нагревательных устройств. – М.,: Машиностроение, 1975.

2 Долотов Г. П., Кондаков Е. А. Печи и сушила литейного производства: 3-е изд., перераб. И доп. – М.,: Машиностроение, 1990.