

Оглавление

1.Теплотехнические характеристики работы печи.....	3
2. Тепловой режим.....	4
3. Коэффициент полезного теплоиспользования.....	5
4. Производительность печей.....	5
5.Тепловая работа и конструкция промышленных печей.....	5
6. Классификация печей и режимы их работы.....	8
7.Слоевой режим сжигания топлива:.....	8
8. Классификация печей по технологическому назначению и конструктивным признакам.....	9
9. Классификация режимов работы печей по теплообменному признаку.....	9
11. Классификация огнеупоров и теплоизоляционных материалов.....	12
12. Характеристики и области применения некоторых печных огнеупоров..	14
13.Теплоизоляционные материалы и их классификация.....	15
14. Теплотехнические характеристики теплоизоляционных материалов.....	16
15. Принципы сжигания топлива.....	17
Организация процесса сжигания топлива.....	17
16. Характеристики факела.....	18
17. Факторы, влияющие на длину факела.....	18
22. Футеровка металлургических печей. Категории кладки.....	20
23. Кладка пода печей.....	21
24. Кладка стен печей.....	21
25. Кладка свода печей.....	22
ГОРЕЛКИ ДЛЯ СЖИГАНИЯ ГАЗА.....	23
ИНЖЕКЦИОННЫЕ ГОРЕЛКИ.....	24
ДВУХПРОВОДНЫЕ ГОРЕЛКИ.....	25
ПЛОСКОПЛАМЕННЫЕ ГОРЕЛКИ.....	26
ФОРСУНКИ ДЛЯ СЖИГАНИЯ МАЗУТА.....	27

1. Температурный режим печей (1)
2. Тепловой режим печей (2)
3. Коэффициент полезного теплоиспользования (3)
4. Производительность печей (4)
5. Классификация печей по виду топлив (6)
6. Классификация печей по технологическому признаку (8)
7. Радиационные режимы печей (9)
8. Конвективный режим работы печей
9. Сущность тепловой работы печей (9)
10. Основные элементы печей (5)
11. Основные признаки, положенные в основу классификации огнеупорных изделий (11)
12. Классификация огнеупорных изделий по химико-минеральному составу, огнеупорности, пористости (11)
13. Классификация огнеупорных изделий по способу формирования, термической обработке, форме и размерам (11)
14. Эксплуатационные показатели огнеупорных изделий (11)
15. Характеристики и область применения динаса, шамота (12)
16. Характеристики и область применения муллита, корунда, периклаза (12)
17. Периклазхромитовые, хромитовые, смолодоломитовые огнеупоры (12)
18. Неформованные огнеупоры (12)
19. Классификация теплоизоляционных материалов (13)
20. Виды тепловой изоляции металлургических печей (13)
21. Футеровка металлургических печей. Категории кладки (22)
22. Кладка пода печей (23)
23. Кладка стен печей (24)
24. Кладка свода печей (25)
25. Принципы сжигания топлива (15)
26. Характеристики факела (16)
27. Факторы, влияющие на длину факела (17)
28. Способы сжигания топлива. Методы перемешивания топлива и окислителя (15)
29. Инжекционные горелки
30. Двухпроводные горелки
31. Режимы сжигания топлива в печах

1.Теплотехнические характеристики работы печи.

Работа каждой печи характеризуется рядом показателей, наиболее важными из которых являются температурный и тепловой режим, коэффициент полезного теплоиспользования и производительность.

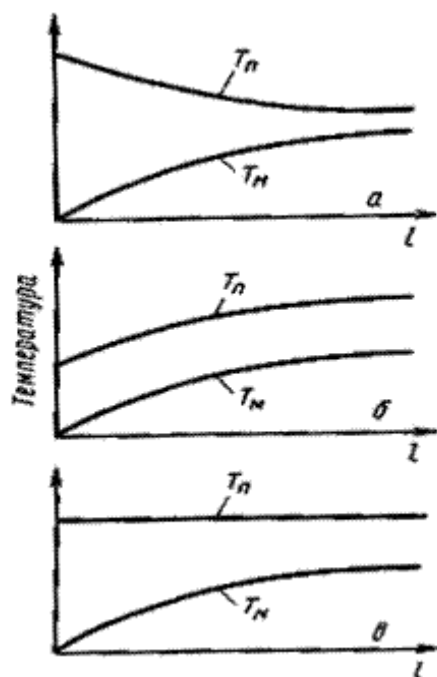
Температура печи — важный теплотехнический показатель работы печи.

В состоянии взаимного теплообмена находятся пламя (раскаленные газы), металл, кладка, температур. Причем, температура всей печи не может определяться ни одним из этих значений температуры, а представляет собой усредненную величину.

Изменение температуры печи во времени называется температурным режимом печи.

$t = f(t)$ – температурный режим.

Печи, температура которых не меняется со временем и является только функцией координат по длине печи называются печами постоянного действия при этом изменение температуры может иметь различный характер. Можно представить 3 температурных режима:



-ПРЯМОТОЧНЫЙ (1)

-ПРОТИВОТОЧНЫЙ(2)

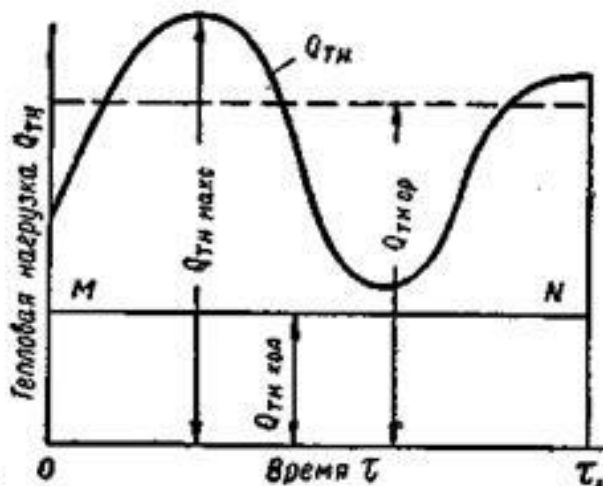
-КАМЕРНЫЙ(3)

При (1) в топливных печах нагреваемые материалы и продукты сгорания движутся в одном направлении и поэтому холодные материалы поступают в высокотемпературную часть печи. При (2) нагреваемые материалы и продукты сгорания движутся навстречу друг другу - холодные материалы поступают в низкотемпературную часть печи. При (3) температура по длине печи постоянна. Камерный режим рассматривается и для печей периодического действия и означает примерное равенство температур в различных точках рабочего пространства в каждый момент времени. Печи с изменяющейся по длине T называются методическими.

2. Тепловой режим.

Работа печи в значительной мере определяется тем, какое количество тепла поступает в нее. Количество тепла, которое подают в печь в каждый данный момент времени, называется тепловой нагрузкой. То наибольшее количество тепла, которое печь может нормально (без недожога топлива в рабочем пространстве) усвоить, называется тепловой мощностью.

Тепловой режим печи представляет собой изменение тепловой нагрузки во времени и может быть представлен графиком зависимости тепловой нагрузки от времени.



Нижняя часть характеризует расход тепла на холостой ход ($Q_{т.н})_{хол}$ т. е. в данном случае на поддержание печи при постоянной рабочей температуре. Верхняя часть — дополнительный расход тепла в связи с тем, что в печи совершается полезная работа. Площадь диаграммы между кривой тепловых нагрузок и осью абсцисс представляет полный расход тепла на всю операцию. Тепловой режим теснейшим образом связан с температурным режимом в зависимости от характера технологического процесса и условий его осуществления возможны различные сочетания температур и теплового режима.

1. Практически постоянные во времени температурный и тепловой режимы ($T_n(t) = \text{const}$; $Q_{тн}(t) = \text{const}$) — печи непрерывного действия, например методические нагревательные печи в установившемся режиме.
2. Переменный температурный и постоянный во времени тепловой режимы ($T_n(t) \neq \text{const}$; $Q_{тн}(t) = \text{const}$), например некоторые камерные печи периодического действия.
3. Переменные во времени температурный и тепловой режимы ($T_n(t) \neq \text{const}$; $Q_{тн}(t) \neq \text{const}$), например нагревательные колодцы для слитков.
4. Практически постоянный во времени температурный и переменный тепловой режимы ($T_n(t) = \text{const}$; $Q_{тн}(t) \neq \text{const}$). Система автоматического управления поддерживает заданную температуру печи именно за счет изменения тепловой мощности.

3. Коэффициент полезного теплоиспользования

Качество работы печи и ее совершенство как теплового агрегата характеризуется коэффициентом полезного теплоиспользования (к.п.т.) в общем виде:

$$\text{к.п.т.} = \frac{Q_M + Q_{\text{шл}} + Q_{\text{энд}} - Q_{\text{экз}}}{Q_T + Q_{\text{ф}}V}$$

Где, Q_M и $Q_{\text{шл}}$ — тепло соответственно металла и шлака, Вт;

$Q_{\text{энд}}$ и $Q_{\text{экз}}$ — тепло эндотермических и экзотермических реакций, Вт;

Q_T — химическое тепло топлива, Вт;

$Q_{\text{ф}}$ — физическое тепло топлива и воздуха, отнесенное к единице количества топлива, Дж/м³, Дж/кг;

V — расход топлива, м³/с; кг/с;

$$Q_x = VQ_{\text{н}}^p$$

Где, Q_T — химическое тепло топлива, Вт;

V — расход топлива, кг/с, или м³/с;

$Q_{\text{н}}^p$ — теплота сгорания топлива, Дж/кг, Дж/м³.

Чем выше значение к.п.т. тем лучше в тепловом отношении работает печь.

4. Производительность печей.

Это важнейший показатель их работы, так как именно в производительности, сходятся все положительные и отрицательные стороны конструкции и тепловой работы печи. Производительность зависит от очень многих технологических, теплотехнических и конструктивных факторов, поэтому производительность печей различного вида будет рассматриваться в дальнейшем при описании конкретных конструкций.

Различают общую и удельную производительность. Общая характеризует размеры агрегата и измеряется в (т/ч). Удельная производительность, выражаемая в кг/(м²×ч), характеризует интенсивность работы печи и служит для оценки качества работы и сравнения печей. Удельную производительность называют напряженностью пода печи. Различают напряженность активного пода и напряженность габаритного пода.

5. Тепловая работа и конструкция промышленных печей.

Любая печь как энергетический агрегат может быть представлена общей схемой: "источник энергии" → "теплота" → "объект тепловой обработки"

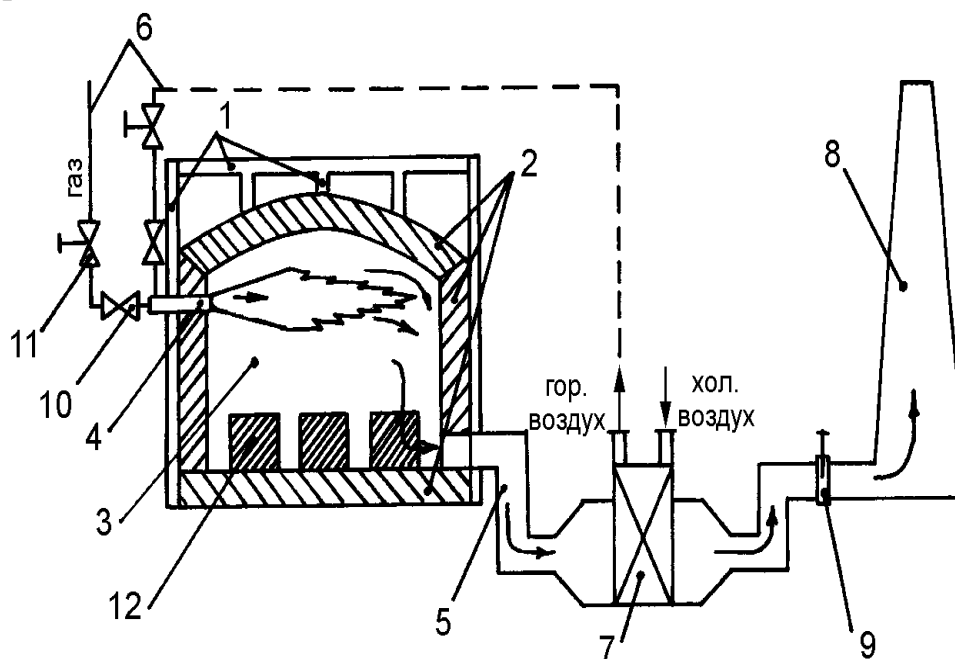
(материалы)". В этой общей схеме должны быть звенья, соединяющие источник энергии с объектом её приложения.

В топливных печах эти звенья представлены наиболее полно. Можно выделить следующие четыре звена тепловой работы топливной печи:

- 1) сжигание топлива, т.е. превращение химической энергии топлива в теплоту, носителями которой являются продукты горения - дымовые или печные газы;
- 2) движение печных газов, с помощью которых теплота переносится во все зоны рабочего пространства, а отработанные газы уходят из печи;
- 3) внешний теплообмен, т.е. передача теплоты от печных газов излучением и конвекцией на поверхность нагреваемых материалов;
- 4) внутренний теплообмен, т.е. перенос теплоты от поверхности материалов (кусков, массивных изделий) к их середине теплопроводностью.

Независимо от назначения, печь включает в себя следующие элементы:

- рабочее пространство, которое представляет камеру той или иной формы ограждения огнеупорной футеровки.
- устройство обеспечивающее генерацию тепловой энергии
- электронагреватели
- устройство для удаления продуктов сгорания (дымовые трубы, каналы)
- устройство для использования тепла отходящих газов(утилизаторы)
- устройство загрузки и выгрузки, устройство для закрытия и открытия рабочих окон.



- 1) металлический каркас – устройство для фиксации элементов печи при её разогреве;
- 2) футеровка (огнеупорная кладка) – ограждение высокотемпературной зоны, состоящее из стен, свода и подины. Служит для отделения рабочей камеры от окружающего пространства и для уменьшения тепловых потерь.

Уменьшение тепловых потерь позволяет получать высокую температуру внутри печи;

3) рабочее пространство печи – замкнутый объем, в котором располагается нагреваемый материал;

4) тепловырабатывающие устройства – устройства для подачи энергии в рабочее пространство печи и преобразования ее в теплоту. Устройства для сжигания газообразного и пылевидного твердого топлива называются горелками, для сжигания жидкого топлива – форсунками, для сжигания твердого топлива в слое – топками. Устройства для преобразования электрической энергии в теплоту называются термоэлектрическими нагревателями (ТЭНы);

5) борова (дымоходы) – дымоотводящие каналы. Служат для удаления продуктов горения из рабочего пространства печи в дымовую трубу;

6) газовоздухопроводы – трубопроводная система для подачи газа и воздуха к горелкам;

7) теплообменник – устройство для нагрева воздуха и топлива за счет теплоты, уносимой продуктами горения из рабочего пространства печи (рекуператор или регенератор), а также за счет сжигания дополнительного топлива (воздухонагреватель доменной печи). В рекуператоре дым передает теплоту воздуху (газу) через тонкую керамическую или металлическую разделительную стенку. Дым и воздух (газ) находятся в рекуператоре одновременно. В регенераторе дым и воздух (газ) движутся по одним и тем же каналам: сначала пропускают дым и теплота передается от дыма керамической насадке, а затем пропускают воздух (газ), который принимает теплоту от насадки. Нагрев воздуха (газа) в теплообменнике позволяет получить высокую температуру в рабочем пространстве печи и снизить расходы топлива;

8) дымовая труба – устройство для удаления дыма из рабочего пространства печи в атмосферу. Дымовая труба выполняет две функции: теплотехническую (создание необходимого разрежения) и экологическую (рассеивание вредных выбросов);

9) дымовой шибер – устройство с центральным элементом в виде пластины для регулирования давления дыма в рабочем пространстве печи путем перекрытия поперечного сечения борова. В период максимальной подачи топлива в печь шибер находится в верхнем крайнем положении, т.е. максимально открыт. Шибер служит также для отключения печи от дымовой трубы во время ремонтов печи;

10) дроссели и 11) задвижки – устройства для регулирования расхода газов. Дроссель – устройство для плавного регулирования расхода воздуха и газа через горелки. Задвижка – устройство для отключения газозовдухопроводов от печи на время её ремонта;

12) нагреваемый материал;

Перечисленные основные элементы присущи большинству известных печей. В отдельных печах встречаются дополнительные элементы. Например,

перекидные устройства в печах регенеративного типа, транспортирующие устройства для перемещения подины в кольцевых, роликовых печах.

6. Классификация печей и режимы их работы

Тепловыделение в печах представляет собой процесс преобразования какого-либо вида энергии в тепловую энергию. Источниками получения тепла являются:

- химическая энергия топлива (топливные печи);
- химическая энергия жидкого металла или шихты;
- электрическая энергия.

Преобразования химической энергии топлива в тепловую происходит в результате сгорания топлива в так называемых топливных печах. В металлургии в таких печей относятся пламенные печи и печи, работающие по шаровому режиму. Рабочее пространство пламенных печей только в очень малой степени заполнены материалом, который обрабатывается, который обычно располагается на событиях. Основная часть рабочего пространства заполнена продуктами горения. От них в значительной степени получают тепло.

7.Слоевой режим сжигания топлива:

При обработке кускового материала чаще всего осуществляется в шахтных печах, где материал либо распределяется по всему объему и раскаленные газы проходят между его кусками, либо частицы его распределены в газообразном теплоносителе. Для слоевого режима характерны все виды теплопередачи (тепловое излучение, конвекция, теплопроводность).

Известны три вида слоевого режима: с плотным, кипящим и со взвешенным слоем.

-в печах с плотным слоем шихта, в состав которой может входить и твердое кусковое топливо, расположена плотным слоем по всему объему печи. Этот режим работы характерен для шахтных печей, широко распространенных в черной металлургии.

-в печах с кипящим слоем слой под динамическим действием газов находится в разуплотненном состоянии и энергично перемешивается.

-в печах со взвешенным слоем обрабатывают материалы, доведенные до пылевидного состояния. При этом мелкие частицы материала отделены друг от друга газовой прослойкой и движутся вместе с ним.

В черной металлургии основным элементом является углерод, который выжигается из чугуна при производстве стали в конвертерах. Во всех этих агрегатах процесс теплогенерации происходит непосредственно в материале и выделяющееся тепло равномерно распределяется по всей массе

обрабатываемого материала. Основой превращения электрической энергии в тепловую служит теплогенерация:

- 1) при прохождении электрического тока через газ;
- 2) при воздействии электрического тока на магнитное поле и создании вихревых токов в металле;
- 3) при перемагничивании и поляризации диэлектриков;
- 4) при прохождении электрического тока через твердое (а иногда и жидкое) тело, обладающее электропроводностью;
- 5) за счет кинетической энергии электронов

8. Классификация печей по технологическому назначению и конструктивным признакам.

Делятся на:

- плавильные (предназначены для получения металлов из руд и переплавки металла с целью придания ему необходимых свойств. В этих печах материалы изменяют свое агрегатное состояние)
- нагревательные (применяют для нагрева материалов с целью обжига (известняка, огнеупорных материалов и др.) и сушки (литейных форм, руды, песка и др.), а также для придания металлу пластических свойств перед обработкой давлением, для термической обработки, чтобы изменить структуру металла. В нагревательных печах металлы и материалы не изменяют своего агрегатного состояния.)

Внутри каждой из этих групп печи подразделяют в соответствии с теми технологическими операциями, которые в них проводят. Так, плавильные печи могут быть чугуноплавильные, сталеплавильные, медеплавильные и др. Нагревательные печи могут служить для обжига огнеупорных материалов, нагрева металла перед прокаткой и ковкой, термообработки металла. Эти группы печей подразделяют еще и по конструктивным признакам, методам транспортирования металла в печах, характеру продукта, подвергаемого нагреву. Например, печи для нагрева перед прокаткой разделяют на следующие группы:

- нагревательные колодцы, методические печи, камерные нагревательные печи и др.;
 - садочные, толкательные, с вращающимся подом;
 - для нагрева слитков, блюмов, труб, сутунки и др.
- Топливные печи могут подразделяться по виду топлива:
- газовые
 - мазутные

9. Классификация режимов работы печей по теплообменному признаку

Позволяет в одной классификационной группе объединить и установить для каждой такой группы рациональные условия снижения топлива и механики газов.

2 степени нагрева:

-внешняя (осуществляется главным образом в результате теплового излучения и конвекции)

-внутренняя (протекает главным образом за счет теплопроводности)

Радиационный режим.

Характеризуется тем, что в этом случае при нагреве преобладает влияние теплового излучения, если T и излучательная способность факела или пламени или V раскаленных газов одинаково по толщине, то можно говорить о равномерной теплоотдаче.

1) Равномерно-распределённый режим радиационного теплообмена.

Могут быть три различных случая организации радиационного режима работы печи равномерно-распределённый (при $Q_n^M = Q_n^k$ (М-металл; k-кладка)) направленный прямой (при $Q_n^M > Q_n^k$) и направленный косвенный (при $Q_n^M < Q_n^k$).

При равномерно распределённом режиме решающую роль играет величина степени черноты пламени (газов). При малых величинах E тепловой поток, приходящийся на металл и кладку, относительно невелика. Стремление увеличить тепловой поток на металл при равномерно распределённой температуре по толщине пламени приводит к необходимости увеличения величины излучательной способности пламени E . Поскольку E одновременно характеризует и поглотительную способность пламени, пламя тем сильнее экранирует кладки, чем выше E и, следовательно, тем меньше тепла от кладки попадает на металл.

В случае равномерно распределённого режима повышения степени черноты пламени E при $T = \text{const}$ всегда вызывает интенсификацию теплообмена. В практических условиях увеличить E можно 2-мя путями увеличением толщины слоя газов и повышением E путём естественной и искусственной карбюризации. Увеличения толщины газового обмена связано с увеличением высоты работы производства и поэтому во многих случаях является не целесообразным. Данный режим теплообмена наиболее целесообразно применять в печах, в которых нагревают массивные изделия. В этом случае быстрота нагрева определяется условиями внутреннего теплообмена, поэтому относительно небольшая интенсификация внешнего теплообмена не имеет лимитирующего значения.

С равномерно распределённым режимом развивают нагревательные колодцы, которые камерные печи сварочные зоны методических печей и др. В качестве топлива выбирают такие виды, которые обеспечивают хорошую светимость факела мазут, природный газ коксо доменный газ (смесь).

2) Направленный прямой режим радиационного теплообмена

Направленный прямой режим радиационного теплообмена обеспечивается созданием градиента температур по толщине пламени с приближением максимума температур к поверхности металла, т.е. когда плотность излучения газов на поверхность металла больше чем на кладку. Это достигается неравномерным распределением температуры и степени черноты в объёме газа, печи.

Если максимум температуры и степени черноты располагается непосредственно у поверхности нагрева, то прямой направленный теплообмен будет выражен наиболее ярко.

Изменение температуры и степени черноты по сечению газового слоя является важным средством для увеличения теплоотдачи на поверхность нагрева и облегчения условий службы кладки. Степень развития кладки на теплоотвод влияет меньше чем при равномерно распределённом.

Прямой направленный теплообмен создают окислением топлива в факеле. Различая один или несколько факелов в нежней части рабочего производства печи, можно получить интенсивную теплоотдачу на поверхности нагрева. Размеры факелов, определяемые размерами горелочных устройств должны быть такими, чтобы факелы, сохраняли индивидуальность по всей длине рабочего пространства печи, при характерных отличиях температурных режимов и светимости.

Направленный прямой теплообмен широко используется в плавильных печах и нагревательных печах при нагреве тонких термических и массивных изделий, размещённых на поду печи.

Режим направленного прямого теплообмена нерационально применять в том случае, когда поверхность нагрева распределена по всему объёму печи (в нагревательных колодцах, кирпичеобжиговых печах и др.)

3) Направленный косвенный режим радиационного теплообмена.

Подобный вид теплообмена имеет место в том случае, когда тепло, выделяющееся при сгорании топлива, передается нагреваемому материалу не непосредственно от пламени, а через посредника, которым чаще всего является кладка свода печи.

Нагреваемый металл имеет сплошной спектр поглощения, поэтому надо стремиться, чтобы падающий на него тепловой поток сплошной спектр излучения. Направленный косвенный теплообмен создают размещением факелов (пламени) в верхней части рабочего пространства печи приближая область минимальных температур к поверхности огнеупора. При этом происходит рост температуры кладки и трансформирование селективного излучения кладки. В последнее время широкое распространение получает сводовое отопление печи, которые работают в указанном режиме теплообмена. Для достижения этой цели применяют различного рода горелки, создающих плоский разомкнутый факел (плоскопламенные горелки) у которых возникшее пламя тонким слоем распространяется по поверхности свода, обеспечивая высокую теплоотдачу.

В печах, работающих с направленным косвенным радиационным режимом, излучение кладки на металл играет важнейшую роль, и величина степени развития кладки имеет в этом случае большее значение, чем при равномерно распределённом режиме. Данный вид теплообмена целесообразно применять, когда необходим равномерный нагрев.

Необходимо отметить, что термин “косвенный нагрев” часто применяют в несколько ином смысле, связанный с осуществлением муфельного нагрева

металла. В ряде случаев нагрев металла в термических печах должен осуществляться без малейшего окисления, которое возможно лишь в том случае, когда поверхность металла не соприкасается с продуктами сгорания топлива. Избежать этого можно, если отделить газы от металла. В этом заключается принцип муфельирования. Можно отделить газы от металла, выполнив снижение топлива в радиационных трубах. Другой метод заключается, когда металл закрывается жароупорным муфеле. И в том и другом случае будет иметь место косвенный нагрев, т.е. называется без возможности соприкосновения металла и окисляющих газов.

11. Классификация огнеупоров и теплоизоляционных материалов.

Огнеупорные изделия применяют для строительства рабочего пространства и других элементов печей, работающих в условиях высоких температур и воздействия агрессивных сред – расплавов, окалины, газов. Чтобы уменьшить потери теплоты, футеровку печи по толщине делают, как правило, комбинированной: рабочий слой выполняют из огнеупорных, наружный слой – из теплоизоляционных изделий.

Применяемые в промышленности огнеупоры делят на изделия, которым при изготовлении придается определенная форма (кирпичи, фасонные изделия, крупные блоки) и неформованные материалы (бетоны, торкрет-массы, мертели).

В основу классификации огнеупорных изделий положено шесть основных признаков:

- 1) химико-минеральный состав,
- 2) огнеупорность,
- 3) пористость,
- 4) способ формования,
- 5) термическая обработка,
- 6) форма и размеры.

1. По химико-минеральному составу изделия делят на следующие группы, зависящие от содержания оксидов (%), определяющих их свойства:

- а) кремнеземистые: диоксидные (SiO_2)
- б) алюмосиликатные: шамотные (Al_2O_3 , SiO_2)
- в) глиноземистые – корундовые ($\text{Al}_2\text{O}_3 > 90\%$);
- г) периклазохромитовые (MgO ; Cr_2O_3);

2. По огнеупорности все огнеупоры разделяют на три группы:

- а) огнеупорные (огнеупорность 1580-1770 °С);
- б) высокоогнеупорные (огнеупорность 1770-2000 °С);
- в) высшей огнеупорности (огнеупорность >2000 °С).

3. По пористости:

- а) особоплотные (с открытой пористостью до 3 %);

- б) высокоплотные (3-10 %);
- в) плотные (10-16 %);
- г) уплотненные (16-20 %);
- д) среднепористые (20-30 %);
- е) повышеннопористые (30-45 %);
- ж) легковесные (с общей пористостью 45-85 %);
- з) ультралегковесные (с общей пористостью > 85 %).

4. По способу формования:

- а) пластичноформованные;
- б) полусухого формования из масс малопластичных или из порошков с добавкой связующего материала, изготовленные путем механического, гидравлического или вибрационного прессования; при изготовлении крупных блоков применяется пресстрамбование;
- в) плавленные литые из расплава, получаемого обычно путем электроплавки;
- г) литые, изготовленные путем литья из жидкого шликера в специальные формы (пеноизделия);
- д) термопластичнопрессованные, изготовленные прессованием из шихты, в состав которой введены термопластичные добавки (парафин, воск и т.п.);
- е) горячепрессованные;
- ж) изготовленные горячим прессованием из масс, нагретых до пластичного состояния;
- з) пиленые из естественных горных пород или из специально изготовленных блоков;
- и) волокнистые, полученные путем расщепления расплава струей острого перегретого пара.

5. По термической обработке:

- а) обожженные, обжигаемые в печах в процессе изготовления изделий;
- б) безобжиговые, не подвергавшиеся обжигу до употребления в кладку;
- в) плавленные, подвергнутые отжигу после отливки;
- г) горячепрессованные.

6. По форме и размерам различают:

- а) простые изделия (прямые и клиновые нормальных, малых и больших форматов);
- б) фасонные – простые, сложные, особо сложные и крупноблочные (массой > 60 кг);
- в) специальные – промышленного и лабораторного назначения (тигли, трубки, наконечники и т.п.).

Эксплуатационные показатели:

- термостойкость
- шлакоустойчивость
- строительная прочность
- изменение V при нагреве

Термостойкостью называют способность огнеупоров выдерживать циклическое изменение температур при нагреве и охлаждении, так

называемые теплосмены. Термостойкость характеризуют числом теплосмен до потери 20% первоначальной массы огнеупора в результате образования трещин и скалывания.

Шлакоустойчивость характеризует способность огнеупора выдерживать воздействие жидкого шлака и металла, окалина, газов.

12. Характеристики и области применения некоторых печных огнеупоров.

1) Динас содержит более 93% SiO_2 и относится к кремнеземистым, кислым огнеупорам. Обладает высокой строительной прочностью, высокой температурой начала деформации под нагрузкой и соответственно рабочей температурой службы 1650–1700 °С. Устойчив к воздействию кислых расплавов и газовых сред, но не выдерживает контакта с основными расплавами металлов и их оксидов. Термостойкость динаса по стандартной методике не превышает 1-2 водяных теплосмен. Однако, если колебания температуры происходят в области значений выше 300 °С и особенно выше 600 °С, то термостойкость динаса исключительно высока. Динас широко применяют для изготовления высокотемпературной части насадки доменных воздухонагревателей и регенераторов нагревательных колодцев, которая не охлаждается ниже 600 °С, для кладки распорных сводов.

2) Шамот относится к алюмосиликатным огнеупорам, содержащим кроме SiO_2 до 45% Al_2O_3 . Обладает более высокой термостойкостью (10-20 водяных теплосмен), но низкой шлакоустойчивостью. Наиболее широко применяется в печестроении при температурах до 1350 °С для строительства стен, сводов, не контактирующих с оксидами металлов, для низкотемпературной части регенеративной насадки. Не выдерживает истирающего действия при высоких температурах.

3) Муллит и корунд относятся к высокоглиноземистым алюмосиликатным огнеупорам. По мере увеличения содержания Al_2O_3 повышается их рабочая температура службы, прочность и постоянство объема при разогреве. Термостойкость превышает 150 водяных теплосмен. Применяются вместо шамота в условиях более высоких температур: муллит – до 1650 °С, корунд – до 1800 °С. Плавленные корундовые изделия обладают высокой шлакоустойчивостью и выдерживают давление и истирающее действие металла и шихты. Применяются в установках внепечной обработки стали, в монолитных подинах методических нагревательных печей.

4) Периклаз (или магнезит) содержит не менее 85% MgO . Температура начала размягчения под нагрузкой значительно ниже огнеупорности. Максимальная рабочая температура 1700 °С. Термостойкость изделий невысока и составляет 1-2 водяных теплосмены.

Шлакоустойчивость по отношению к основным расплавам – металлам и шлакам, богатым оксидами металлов и известью, исключительно высока. Поэтому магнезитовые кирпичи используются для кладки элементов печей

черной и цветной металлургии, которые контактируют с расплавами металлов и основных шлаков. Магнезитовый порошок используют для заполнения швов при кладке подин плавильных печей.

Периклазохромитовые и хромитопериклазовые огнеупоры содержат в качестве основы MgO и хромит Cr₂O₃. Свойства этих огнеупоров существенно отличаются от периклазовых и зависят от соотношения хромита и магнезита. Максимальная термостойкость соответствует отношению Cr₂O₃:MgO = 30:70. Шлакоустойчивость выше при содержании хромита 20 %. В сводах сталеплавильных печей наибольшую стойкость имеют изделия с содержанием хромита 20-30 %. Они изнашиваются из-за образования трещин и сколов, к которым приводят термические напряжения, возникающие при колебании температуры в рабочем пространстве печи.

5) Углеродистые огнеупоры изготавливаются из доступного сырья – графита, кокса – с высокой температурой плавления ³ 3500 °С. Они не смачиваются расплавами и поэтому устойчивы против них, имеют высокую термостойкость, но начинают окисляться в продуктах горения топлива при температуре ³ 600 °С. Поэтому их используют для службы в восстановительной среде: в электрических печах для производства ферросплавов, алюминия, свинца, в лещади доменных печей.

б) Неформованные огнеупоры применяют для изготовления монолитных футеровок из огнеупорного бетона и набивных масс. Огнеупорный бетон представляет собой смесь огнеупорного наполнителя с размером частиц от 0,5 до 70 мм. В качестве вяжущего используют твердеющие в холодном состоянии огнеупорные цементы (глиноземистый, магнезиальный), жидкое стекло, фосфатные связки. Добавки могут регулировать скорость схватывания и твердения, улучшать пластические свойства, уменьшать усадку. Широко распространены динасовые бетонные блоки и панели для стен нагревательных колодцев, глинистокварцевые массы для набивной футеровки ковшей. Применяют монолитную футеровку стен и сводов нагревательных печей.

7) Смололомитовые безобжиговые огнеупоры содержат в качестве основы MgO и CaO, а также углерод в виде смоляной связки в количестве 2-4 %. Они применяются для футеровки конвертеров. Известь CaO взаимодействует с силикатами конвертерного шлака, благодаря чему на поверхности футеровки образуется гарниссаж, препятствующий проникновению шлака в футеровку.

13. Теплоизоляционные материалы и их классификация.

Теплоизоляционные материалы делятся по ряду признаков:

1) по огнеупорности:

- огнеупорные (выдерживающие рабочую температуру 800 °С)
- неогнеупорные (могут быть использованы только при температурах ниже 800 °С)

2) по происхождению:

-естественные (диатомит, трепел и вермикулит.)

-искусственные (пористые легковесные огнеупоры и изделия из различных волокон)

3) по форме и способу применения:

-из кирпичей

-листов

-неформованных материалов (засыпки, ваты, волокон и др.).

Легковесные изделия могут изготавливаться из шамота, динаса, диатомита, высокоглиноземистого сырья и т.п. Для получения легковесных огнеупоров с высоким процентом равномерно распределенной пористости применяют три различных способа:

- выгорающих добавок;

- пеноспособ;

- химический.

14. Теплотехнические характеристики теплоизоляционных материалов

Для тепловой изоляции металлургических печей применяются три вида изделий:

1) легковесные пористые огнеупорные кирпичи: шамот-легковес, динас-легковес, диатомитовый и другие;

2) теплоизоляционные засыпки;

3) изделия в виде плит, ваты, войлока, картона, изготовленные на основе керамического волокна в смеси со связующим материалом, так называемые волокнистые огнеупоры. Волокнистые огнеупоры являются относительно новыми теплоизоляционными материалами.

Легковесные огнеупорные кирпичи обладают большой пористостью и поэтому меньшей плотностью и теплопроводностью, чем обычные огнеупорные изделия. Марка кирпича: Д – динас, Ш – шамот, Л – легковес. Чем меньше плотность кирпича, тем лучше его теплоизоляционные свойства, но ниже максимальная рабочая температура.

По сравнению с обычными огнеупорами шамот-легковес и другие легковесы имеют более низкую прочность, шлакоустойчивость и термостойкость. Их можно применять не только для теплоизоляционного слоя футеровки, но и для рабочего слоя, в термических печах. Диатомитовый кирпич применяют только для наружного слоя тепловой изоляции стен и свода нагревательных печей.

В качестве засыпок используются, в основном, естественные теплоизоляционные материалы: диатомит, инфузурная земля, трепел и

вермикулит. Первые три материала имеют состав $\text{SiO}_2 \times n\text{H}_2\text{O}$. Предельная температура до 1000 °С.

Вермикулит — это разновидность слюды, имеющая способность при нагреве значительно увеличивать свой объем. Используют вермикулит в виде засыпки или в виде плит. Применяется до температуры 700-900 °С. В обожженном виде носит название – зонолит. Предельная температура применения зонолита 1000-1100 °С.

15. Принципы сжигания топлива.

Чтобы топливо и кислород вступили в реакцию, они должны быть предварительно перемешаны и смесь должна иметь температуру воспламенения. Скорость комплексного процесса определяется наиболее медленным звеном. Химические реакции, как правило, протекают с большой скоростью. Перемешивание молекул и горючего происходит медленнее, чем горение.

Имеют место два способа сжигания топлива – факельный и слоевой.

По факельному способу сжигается газообразное, жидкое и пылевидное топливо. По слоевому методу сжигают твердое топливо. В большинстве печей топливо сжигается факельным способом. Слоевой способ используется в доменной и агломерационной печи, вагранках, паровых котлах небольшой мощности.

Организация процесса сжигания топлива

Факел представляет горящую струю. Проще всего под длиной факела $L_{\text{фак}}$ подразумевать, расстояние от горелки, на котором практически заканчивается полное горение топлива.

Факел образуется при смешении газового и воздушного потоков. По месту встречи и характеру перемешивания потоков различают 3 метода сжигания газов:

1 метод. Газ и воздух встречаются вне горелочного устройства (в рабочем пространстве печи) и перемешиваются в рабочем пространстве печи в процессе горения. Воздух и газ могут быть нагреты до высокой температуры. Длина факела зависит от многих факторов. Желательно, чтобы длина факела $L_{\text{фак}}$ была меньше длины рабочего пространства печи. Этот метод используется в горелках типа "труба в трубе".

2 метод. Газ и весь воздух, необходимый для полного горения топлива, перемешиваются друг с другом до вылета в рабочее пространство печи. Это возможно, если температура образующейся смеси меньше температуры воспламенения, тогда газ не может гореть внутри горелочных устройств, если скорость распространения пламени меньше скорости истечения смеси. Длина факела весьма мала и способ называют беспламенным или бесфакельным. Этот метод используется в инжекционных и скоростных горелках.

3 метод. Предварительное перемешивание газа с частью воздуха, необходимого для полного сжигания топлива. Окончательное перемешивание смеси с остальной частью воздуха в рабочем пространстве печи в процессе горения. Регулируя процесс предварительного перемешивания можно управлять длиной факела. Этот метод используется в большинстве горелок, типа горелок нагревательных колодцев, плоскопламенных и др. Подобные горелки применяются и в кухонных плитах.

16. Характеристики факела

Различают ламинарный и турбулентный факел. При ламинарном факеле контакт горючего с кислородом воздуха происходит на поверхности струи. Внутренние слои газа не соприкасаются с кислородом. Таким образом, имеет место послойное включение слоев газа в процесс горения. При турбулентном факеле внешний вид и структура факела определяется свойством турбулентной струи захватывать окружающую среду, перемешиваться с этой средой и проталкивать ее вперед. По своей структуре турбулентная струя представляет совокупность хаотично перемещающихся макрочастиц, объединенных в одно целое силами вязкости и общим направлением движения.

17. Факторы, влияющие на длину факела.

Номинальная относительная длина факела – это расстояние от выходного сечения горелки, измеренное в калибрах выходного отверстия, до точки, где концентрация CO_2 на оси факела составляет 95 % от \max возможной при номинальной тепловой мощности и при коэффициенте расхода воздуха $n = 1$. На длину факела влияют следующие основные факторы:

- 1) диаметр газового сопла d_0 ;
- 2) теплота сгорания топлива ;
- 3) концентрация кислорода в воздухе;
- 4) скорость выхода газа из горелки;
- 5) скорость воздушного потока;
- 6) избыток воздуха, подаваемого для горения(коэффициент расхода воздуха);
- 7) температура газа;
- 8) температура воздуха;
- 9) соприкосновение факела с плоскостью;
- 10) угол встречи потоков газа и воздуха;
- 11) расстояние между факелами.

Рассмотрим отдельные факторы более подробно:

1. Диаметр газового сопла.

- длина факела пропорциональна диаметру газового сопла
- 2. Теплота сгорания топлива.
 - чем выше теплота сгорания топлива, тем больше воздуха требуется для его сжигания, и тем больше будет длина факела.
- 3. Концентрация O_2 в воздухе.
 - чем больше процент O_2 в воздухе, тем меньше воздуха потребуется для горения, тем легче и быстрее вовлечь в струю нужное количество O_2 .
- 4. С увеличением скорости истекающего газа длина факела медленно возрастает.
- 5. Практическое сжигание газа в печах связано с подачей вентиляторного воздуха в горелку. Воздух из воздушного кольца может истекать с различной скоростью. Общая идея процесса перемешивания газовых сред состоит в том, что количество движения двух потоков определяет течение процесса. Чем больше количества движения участвует в процессе перемешивания, тем интенсивнее происходит процесс перемешивания. С этой точки зрения, ввод дополнительного количества движения с воздухом должен привести к укорочению длины факела.
- 6. Избыток воздуха при сохранении площади воздушного кольца в горелке может привести к некоторому сокращению длины факела из-за увеличения скорости воздуха. Дожигание "хвоста" факела идет в условиях снижающейся концентрации кислорода. Ясно, что подача воздуха с некоторым небольшим избытком совершенно необходима, чтобы наверняка исключить недожог топлива в печи.
- 7. Подогрев газа приводит к увеличению скорости => количество движения возрастает, отчего перемешивание потоков газа и воздуха ускоряется.
- 8. С увеличением температуры воздуха скорость воздуха увеличивается, перемешивание газа и воздуха ускоряется и длина факела уменьшается.
- 9. При соприкосновении струи газа с плоскостью факел деформируется, он становится шире и тоньше. Струя газа, уширяясь, одновременно лишается некоторого фронта для захвата кислорода. Уширение факела способствует его укорочению, а прекращение снабжения его кислородом вызывает его удлинение. В конечном итоге, при наличии таких противоречивых факторов, длина факела существенно может и не измениться.
- 10. При встрече потоков газа и воздуха под углом, что имеет место при практическом сжигании газа в промышленных печах, происходит явление удара, чем больше скорости потоков, тем сильнее действие удара. Удар струи о струю способствует перемешиванию газов за счет появления макротурбулентности крупных вихрей. Это ведет к укорочению факела.
- 11. При близком расположении друг к другу факелы мешают подходу кислорода. При расширении струй они сливаются друг с другом. Если этот контакт произошел раньше, чем заканчивается горение, то дальнейшее получение кислорода затрудняется, так как факелы из отдельных

превращаются в один общий. В результате слияния потоков длина общего факела резко возрастает.

22. Футеровка металлургических печей. Категории кладки.

Ограждение печей из огнеупорных и теплоизоляционных материалов называется кладкой или футеровкой. Футеровка является ответственной частью всех промышленных печей. От ее службы зависит надежность работы печи и длительность кампании.

Элементами футеровки являются под, стены и свод.

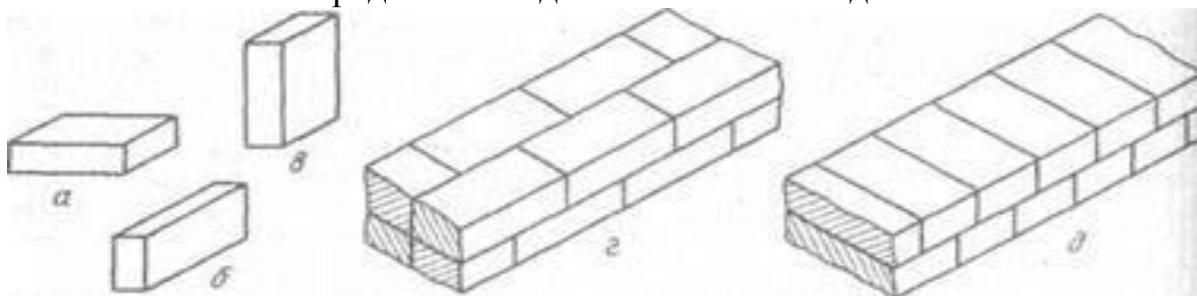
Кладка должна быть, по возможности, непроницаемой для расплавленных металлов и шлаков, а также для печных газов.

В зависимости от требуемой тщательности работы кладку разделяют на категории, для каждой из которых допустимая толщина шва строго регламентирована:

- а) особо тщательная, со швами толщиной не более 1 мм – для футеровки плавильных печей в местах возможного контакта с жидкой средой;
- б) тщательная, со швами толщиной не более 2 мм – для футеровки, подвергающейся истирающему воздействию и для нагревательных печей с температурой до 1400 °С;
- в) обыкновенная, со швами толщиной не более 3 мм – для футеровки, не контактирующей с жидким металлом и шлаком, и для нагревательных печей с температурой до 1200 °С;
- г) простая, со швами толщиной до 4 мм – для выполнения нижних слоев пода.

Рабочий слой футеровки в местах, где требуется наибольшая плотность, выкладывают особенно тщательно со швами не более 0,5 мм. При кладке борцов допускается шов толщиной до 5 мм, а при наружной облицовке печи красным или изоляционным кирпичом толщину шва принимают равной 8-10 мм. Кирпич в кладке может располагаться по-разному – на плашку, на торец или на ребро с обязательным смещением швов (с перевязкой). Это делает кладку более устойчивой и плотной. Огнеупорный слой кладки с теплоизоляционным обычно не перевязывают, так как они имеют разные коэффициенты термического расширения, что при нагреве кладки может привести к ее разрушению.

Для компенсации термического расширения кладки в ней предусматривают температурные швы, размеры которых зависят от рабочей температуры и от применяемого для кладки материала. Ширина термических швов колеблется в пределах от 5 до 15 мм на 1 м кладки.



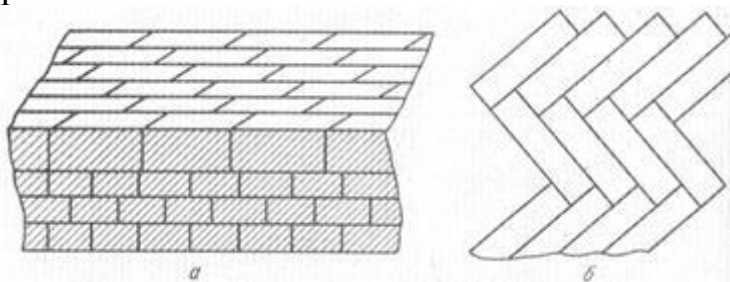
а – на плашку; б – на ребро; в – на торец; г – ложкавая кладка; д – тычковая кладка.

23. Кладка пода печей.

Под печи выкладывают или прямо на фундамент или на стальные листы, опирающиеся на балки. Воздушный зазор, образующийся при этом между подом и фундаментом, предохраняет последний от перегрева.

Под печи часто подвергается механическим ударам загружаемых материалов и химическому действию окислы или жидкого металла, поэтому его всегда выполняют многослойным

Нижние ряды (выстилка) кладут на плашку из теплоизоляционного или красного кирпича. Верхние ряды выполняют из огнеупорных материалов, выбираемых в соответствии с условиями службы. Кладку ведут на ребро или торец с обязательным соблюдением перевязки швов. Иногда верхний ряд пода выкладывают «в елку». В плавильных печах рабочий слой обычно выполняют бесшовным - набивным или наварным. Кладка пода приведена на рис. 2.3.



а – простая на ребро; б - в елку

Рис. 2.3 – Кладка подины нагревательных печей

В доменных печах под (лещадь) выполняют из блоков. Толщина пода термических и нагревательных печей, в зависимости от их размеров и рабочей температуры составляет 230-465 мм. В плавильных печах она достигает 1200 мм, а в доменных печах лещадь кладут толщиной 5 м и более.

24. Кладка стен печей.

Кладку стен ведут, как и пода, с перевязкой швов, для чего меняют положение кирпича, чередуя тычковые и ложкавые ряды (кирпич, уложенный длинной стороной параллельно плоскости стены, называется ложковым, а уложений перпендикулярно – тычковым).

Кладку стен нагревательных печей ведут строго вертикально, а стены плавильных печей, с целью повышения их стойкости, часто делают наклонными с толщиной, уменьшающейся кверху.

Стены выполняют двух- или трехслойными. Внутренний рабочий слой выкладывают из огнеупорного материала, отвечающего требованиям, зависящим от характера работы печи. Он должен иметь необходимую

огнеупорность, химическую и механическую стойкость. Наружный слой делают из теплоизоляционного материала, назначение которого снизить потери тепла через кладку теплопроводностью.

Иногда стену выполняют из нескольких слоев (например, диас-шамот-изоляционный). Каждый слой кладут самостоятельно и только при высоте стен более 2,5-3,0 м огнеупорную кладку для повышения прочности перевязывают с изоляционной через каждые 5-6 рядов. Для повышения стойкости стен большой высоты в ряде случаев применяют анкерное крепление кладки.

Толщина стен нагревательных печей колеблется от 0,345 до 0,565 м, плавильных 0,9-1,1 м; доменных печей 1,1-1,6 м.

В печах периодического действия стены, по возможности, выполняют из легковесных материалов с целью снижения потерь на аккумуляцию тепла кладкой. При выполнении футеровки электрических печей для экономии электрической энергии слой тепловой изоляции делают толще, чем в топливных печах.

25. Кладка свода печей.

Своды печей выполняют арочными, купольными или подвесными.

1) Арочные своды применяют при ширине пролета до 3 м. Для металлургических печей преимущественно применяют арочные своды с центральным углом 60, 90, 120 и 180° (соответственно рис. 2.4 а-г).

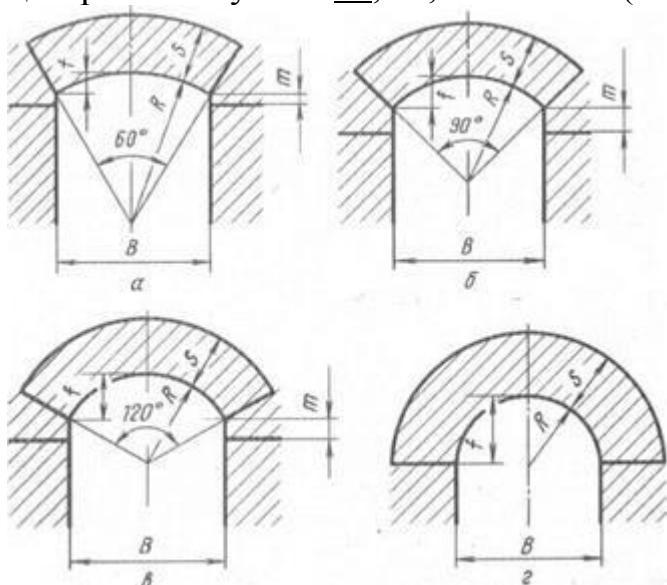


Рис. 2.4 – Схемы сводов

На основании практических данных установлены следующие соотношения и определения радиуса R и стрелы свода f:

j, град				
R	$1 \times B$	$0,707 \times B$	$0,577 \times B$	$0,5 \times B$
F	$0,134 \times B$	$0,207 \times B$	$0,289 \times B$	$0,5 \times B$

Для печей чаще принимают $R = B$, т. е. радиус равный ширине пролета B , для боровов $R = 0,5 \times B$. Толщина свода S обычно равна длине кирпича – 230, 250 или 300 мм. Если свод выполняют из двух рядов кирпича по толщине, то ряды (акаты) не перевязывают друг с другом. Своды нагревательных печей выполняют с изоляцией, применяя для этого засыпку толщиной 65-230 мм. Своды плавильных печей обычно делают без тепловой изоляции во избежание перегрева и быстрого их износа.

2) Купольными сводами называются своды круглых печей. Их выполняют целиком из фасонного кирпича.

3) Подвесные своды нагревательных печей применяют при ширине пролета более 3 м. Для их выполнения используют фасонные кирпичи из шамота класса А и каолина, в местах пережимов (криволинейные участки сводов методических печей) применяют высокоглиноземистые кирпичи. Примеры выполнения подвесных сводов показаны на рис. 2.5. Как правило, подвесные своды выполняются однослойными без применения теплоизоляции во избежание перегрева металлических элементов, на которых крепятся фасонные кирпичи, с последующим обрушением сводов.

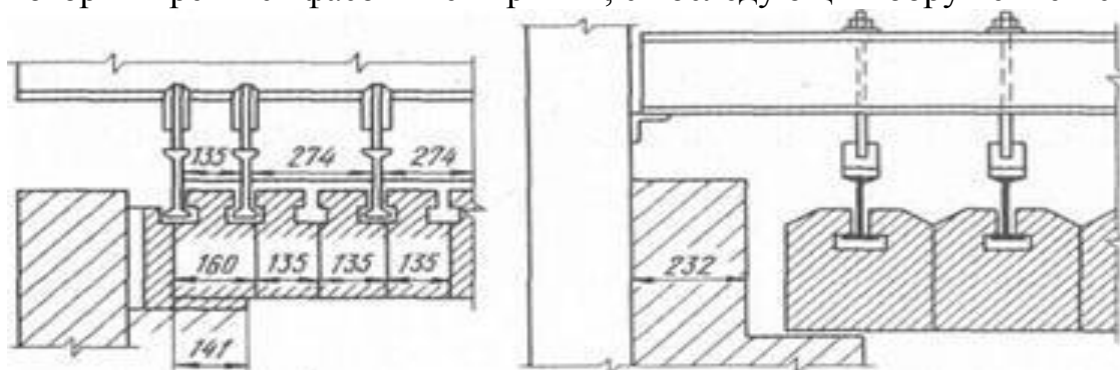


Рис. 2.5 – Примеры выполнения подвесных сводов нагревательных печей

Своды плавильных печей очень массивны, поэтому их выполняют распорно-подвесными, при этом часть веса свода передается через подпятовые балки на стойки каркаса. Часто, во избежание перегрева сводов плавильных печей, устраивается принудительное воздушное охлаждение наружной поверхности свода с использованием вентилятора.

Съемные своды электрических печей или крышки нагревательных колодцев монтируют в специальных металлических рамах, воспринимающих все нагрузки и обеспечивающих их длительную службу.

ГОРЕЛКИ ДЛЯ СЖИГАНИЯ ГАЗА

В зависимости от организации смешения компонентов топлива различают конструкции газовых горелок: **1)** с предварительным смешиванием газа с воздухом внутри корпуса горелки и **2)** без предварительного смешивания.

ИНЖЕКЦИОННЫЕ ГОРЕЛКИ

К горелкам с предварительным смешиванием относятся инжекционные горелки. В таких горелках воздух засасывается (инжектируется) в корпус под воздействием струи газа, выходящей с большой скоростью из газового сопла. Эти горелки не нуждаются в вентиляторах, а при работе на холодном воздухе и в воздухопроводах. К таким горелкам подводят только газ, их называют однопроводными в отличие от двухпроводных (или дутьевых) горелок, к которым подводят не только газ, но и воздушное дутьё по воздухопроводам.

В корпусе-смесителе горелки происходит предварительное смешивание газа с воздухом. Газовоздушная смесь нагревается и сгорает в пределах длины горелочного туннеля. В печи нет видимого пламени. Поэтому **инжекционные горелки называют беспламенными.**

Скорость выхода смеси из носика горелки в туннель должна быть больше скорости распространения пламени в готовой для горения смеси во избежание обратного «проскока» пламени в корпус горелки, что может привести к его прогару. «Проскоки» пламени при малых расходах газа делают узким диапазон регулирования расходов газа в этих горелках. Подачу газа в горелку по сравнению с максимальной расчетной уменьшают не более, чем в **2-3** раза. Во избежание «проскоков» нельзя подогреть воздух и газ до высокой температуры, близкой к температуре воспламенения.

Преимуществом инжекционных горелок является полное сжигание газа с небольшим коэффициентом расхода воздуха, близким к единице, вследствие хороших условий смешивания компонентов горения.

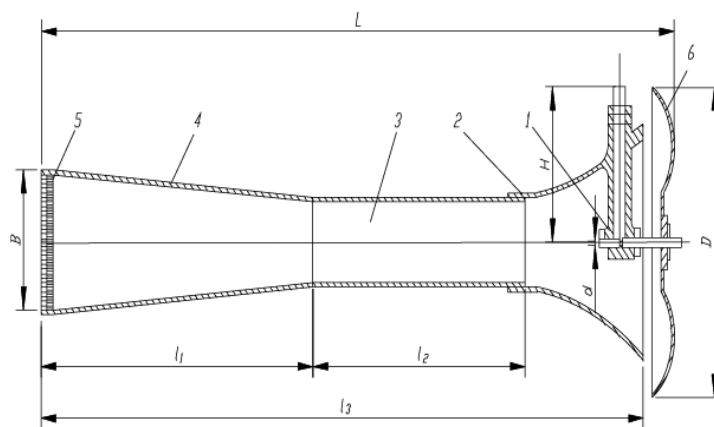


Рис. 5. Инжекционная газовая горелка среднего давления ИГК: 1 – газовое сопло; 2 – инжектор; 3 – горло; 4 – диффузор; 5 – насадок; 6 – воздушная регулировочная шайба

ДВУХПРОВОДНЫЕ ГОРЕЛКИ

В конструкциях двухпроводных горелок без предварительного перемешивания смесь газа с воздухом образуется вне корпуса горелки, в туннеле и в рабочем пространстве печи. По мере смешивания происходит горение в видимом факеле. Поэтому такие горелки называют факельными.

Горелки ГНП (модернизированные)

Дутьевые горелки низкого давления типа ГНП имеют улучшенное смешивание. Горелки предназначены для сжигания природного газа и являются модернизированным вариантом широко распространенных устройств типа ГНП (разработка Теплопроекта).

Особенностью горелок является выполнение съёмного завихрителя воздуха с углом поворота лопаток **30-60°** и не связанного с газовым соплом. Завихритель выполнен в виде отдельной втулки с радиальными лопатками, установленной между корпусом и его выходным насадком. Насадок для выхода газа делают сменным: с одним центральным выходным отверстием или с несколькими расположенными под углом к потоку воздуха. На монтажной плите предусмотрены патрубки для установки запального устройства и фотодатчика.

Все перечисленные дутьевые и инжекционные горелки устанавливают, как правило, в стенах печей.

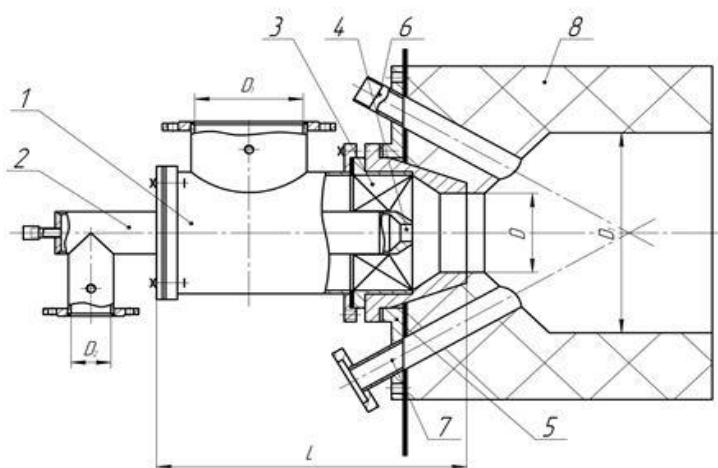


Рис.6 горелка ГНП (модернизированная) 1-воздушный корпус; 2-газовая часть; 3-втулка с лопатками для завихрения воздуха; 4-газовое сопло; 5 – горелочная плита; 6- патрубок для установки запального устройства; 7- патрубок для установки фотодатчика. 8 - горелочный камень

ПЛОСКОПЛАМЕННЫЕ ГОРЕЛКИ

В своде печи устанавливают плоскопламенные горелки. Газ подают по трубе, расположенной вертикально по оси горелки. Поток воздуха закручивают направляющим винтом или благодаря смещенному от оси (тангенциальному) его подводу. Газ закручивают, применяя косые прорезы в наконечнике газовой трубы. Выходя из горелки, закрученная газозвушная смесь прижимается к стенкам огнеупорного туннеля, имеющего форму граммофонной трубы. Пламя размыкается и направляется вдоль свода печи под прямым углом к оси горелки, приобретая форму плоского диска.

Достоинство плоскопламенных горелок заключается в том, что горение происходит на поверхности огнеупорной футеровки свода. Раскаленный свод, имеющий бóльшую излучательную способность, чем дымовые газы, передает металлу, нагреваемому в печи, большой лучистый тепловой поток.

Плоскопламенные горелки рассчитывают на работу с природным, коксовым и с различными смесями газов. Для большинства дутьевых горелок расход газа без ухудшения работы горелки можно изменять **в 3-4** раза. Все конструкции газовых горелок перед применением в печах проходят государственные испытания и получают сертификат с указанием допустимого режима эксплуатации: **диапазона расходов газа, давления газа и воздуха, коэффициента расхода воздуха.**

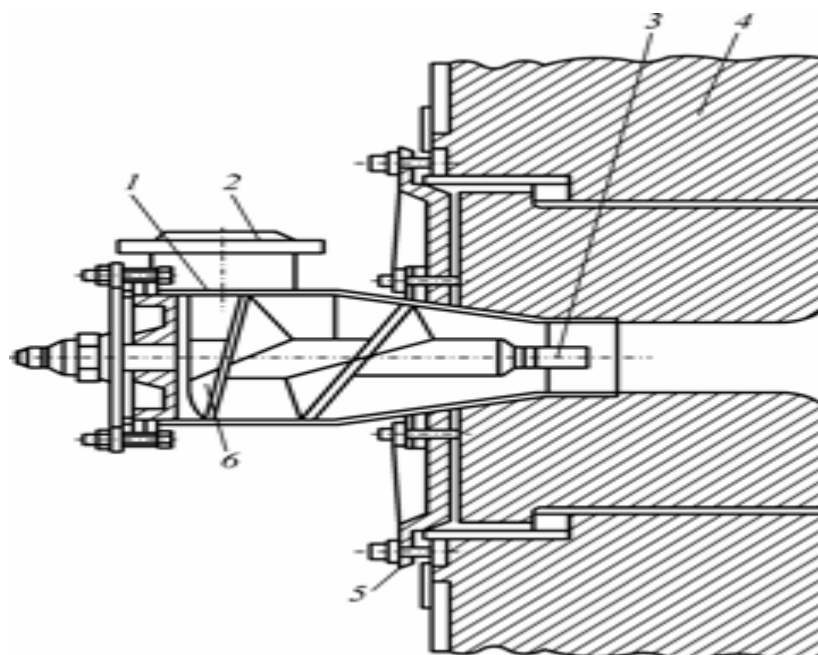


Рис. 7 Плоскопламенная горелка ГПП:
 1 – корпус; 2 – тангенциальный воздушный патрубкок; 3 – газовое сопло; 4 – горелочный туннель; 5 – крепежная плита; 6 – направляющий винт

ФОРСУНКИ ДЛЯ СЖИГАНИЯ МАЗУТА

В качестве жидкого топлива для отопления печей в металлургии используют, как правило, высоковязкие топочные мазуты. Мазуты характеризуются: 1) **вязкостью**, 2) **температурой вспышки** и 3) **температурой воспламенения**, 4) **температурой застывания**.

Температурой вспышки называют температуру, при которой пары мазута в смеси с воздухом загораются при поднесении огня. Она находится в пределах **70-150 °С** в зависимости от состава мазута. Температура вспышки значительно ниже температуры воспламенения, при которой жидкий мазут воспламеняется произвольно, без воздействия огня.

Температура воспламенения мазутов в среднем равна **500-600 °С**. Температура застывания равна **5-25 °С**. Для удобства транспортирования и распыливания в форсунках вязкость мазута снижают путем подогрева до температуры на **15-20 °С** ниже температуры вспышки.

Мазут перед сжиганием подвергают **распыливанию**, чтобы увеличить площадь контакта капель с кислородом воздуха. В металлургии для сжигания мазута применяют форсунки высокого и низкого давления с паровым и воздушным распыливанием. Распыливание происходит в результате

взаимодействия струй мазута и распылителя, движущихся с разными скоростями.

В форсунках низкого давления распылителем является идущий на горение вентиляторный воздух с давлением **5-20 кПа**, при котором обеспечивается скорость его истечения **80-100 м/с**. Мазут обычно истекает со скоростью **~ 10 м/с**.

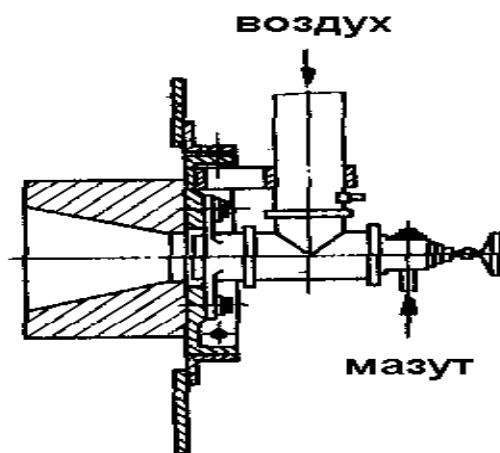


Рис. 8 Форсунка низкого давления

Достоинство форсунок низкого давления в том, что они не нуждаются в подводе распылителя высокого давления. Их применяют на небольших металлургических печах.

Качество распыливания и сжигания лучше, а пределы регулирования расхода мазута выше в **форсунках высокого давления**. В них распылитель – компрессорный воздух или водяной пар – подают в небольших количествах, но с большой скоростью. Необходимое давление воздуха **400-600 кПа**, удельный

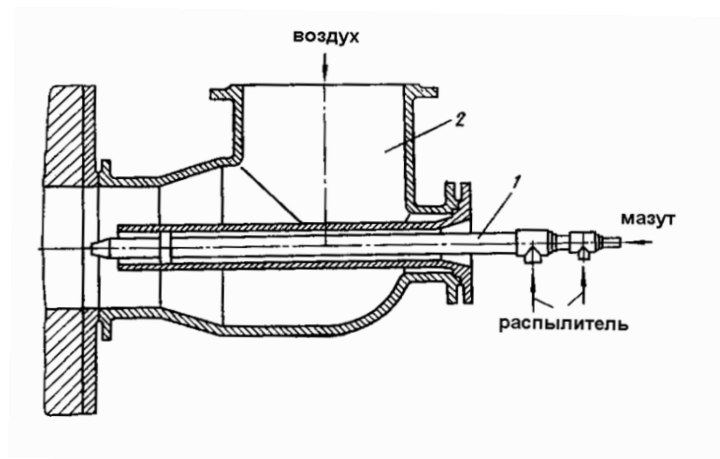


Рис.9 – Форсунка высокого давления; 1 – собственно форсунка; 2 – форсуночная коробка

расход **1,0-1,5 кг/кг** мазута, пар может быть сухой насыщенный или перегретый с температурой **200-300 °С** под давлением **700-900 кПа**, удельный расход пара **0,8-1,0 кг/кг** мазута. Скорость истечения распылителя составляет **сотни метров в секунду**.

Форсунки высокого давления могут иметь большую пропускную способность. Их применяют на крупных металлургических печах. На рис показана установка на печи форсунки высокого давления в форсуночной коробке, через которую подают вентиляторный воздух, необходимый для сжигания мазута.