**Содержание**

# Задание ……………………………………………………………………3

1. Доменные печи .....................................................................4

1.1 Устройство и работа доменной печи ...........................................4

1.2 Теплообмен в доменных печах …………………………….……….7

1.3 Показатели работы доменных печей……………………………… 10

Заключение ……………………………………………………………..13

Список использованных источников …………………………………14

**1 Доменные печи**

**1.1 Устройство и работа доменной печи**

Доменная печь предназначена для выплавки чугуна из железных руд и является важнейшим агрегатом чёрной металлургии. Основой технологических процессов, протекающих в доменной печи, являются процессы восстановления окислов железа.

Доменная печь представляет собой высокую шахту круглого сечения (рисунок 1), опирающуюся на железобетонный фундамент обычно многогранной формы. Нижняя часть (подошва) фундамента находиться на глубине 6 – 7 м. Надземная часть фундамента выложена из огнеупорного бетона.

Профиль рабочего пространства печи в вертикальном разрезе составляют колошник (верхняя цилиндрическая часть), шахта (верхняя конусная часть), распар (широкая цилиндрическая часть), заплечики (нижняя конусная часть) и горн (нижняя цилиндрическая часть).

Футеровка колошника защищена металлическими кольцами, собранными из сегментов, от ударного и истирающего действия кусков шихты, падающих с большого конуса засыпного аппарата. Шахту, распар и заплечики футеруют высококачественным шамотным кирпичом, а горн и лещадь (под печи) – высокоглиноземистым кирпичом или углеродистыми блоками. Футеровку нижней части шахты, а также распара, заплечиков, горна и лещади охлаждают водяными холодильниками.

Кладка шахты заключена в цельносварной стальной кожух. Внизу, на уровне перехода шахты к распару, кожух заканчивается опорным кольцом, которое поддерживается колоннами со специальными опорами, передающими нагрузку на несущую плиту фундамента. Горн также опоясан сварным стальным кожухом.

Горячее дутье от воздухонагревателей через футерованный воздухопровод поступает в футерованную кольцевую трубу. Из кольцевой трубы воздух направляется в футерованные рукава и через медные водоохлаждаемые фурмы, расположенные в верхней части горна по окружности, поступает в доменную печь. Фурмы вставлены в конические холодильники, которые входят в амбразуры, плотно прилегающие к кожуху печи.

В нижней части горна на высоте 600 – 1000 мм от лещади расположены одна или две чугунные летки – каналы для периодического выпуска чугуна и шлака. Шлак отделяют от чугуна в желобе при помощи перевала и перегородки (скимера). В промежутках между выпусками чугуна отверстие летки забивают огнеупорной массой при помощи специального устройства – электрической поршневой пушки.

На высоте 1400 – 1600 мм от чугунной летки под некоторым углом друг к другу расположены две шлаковые летки, через которые выпускают шлак. Шлаковая летка состоит из полой медной водоохлаждаемой фурмы, которая входит в конический медный холодильник, вставленный в чугунный холодильник, вставленный в чугунный холодильник со змеевиком. Отверстие шлаковой летки закрыто специальным стопором со стальной пробкой.

Доменную печь загружают шихтой сверху через специальный засыпной аппарат. Он состоит из большого конуса с воронкой, перекрывающего колошник печи, и малого конуса с вращающейся приемной воронкой. Такая конструкция засыпного аппарата позволяет равномерно распределять материал на окружности колошника и устраняет потери газов в атмосферу. Загрузку шихты в доменную печь осуществляют послойно.

Процесс развития доменного производства идет в направлении повышения содержания железа в рудном сырье, снижения расхода топлива и частичной замены природным газом (реже мазутом) дефицитного топлива, которым является кокс. Увеличиваются также размеры доменных печей. Полезные объемы доменных печей достигают 5000 м3.

Повышение содержания железа в рудном сырье, ведущее к уменьшению количества шлака, снижает затраты физического тепла на нагрев и плавление составляющих шлака, приводит к разогреву низа печи и позволяет снизить расход топлива. Снижение расхода топлива увеличивает в свою очередь экономичность и производительность печи.

В настоящее время в качестве рудной части шихты используют агломерат – продукт обогащения железной руды спеканием измельченной руды, железного концентрата, колошниковой пыли и флюсов.

Весьма перспективным является применение окатышей – продукта окомкования и обжига железного концентрата.

Основным видом топлива в доменной печи является кокс. В качестве дополнительного топлива используется природный газ, который подаётся через фурмы.

Раскаленные газы, получающиеся в области фурм в результате горения опускающегося кокса до СО и вдуваемого природного газа до СО и Н2, продуваются (фильтруются) через столб кусковых материалов под действием напора, создаваемого воздуходувками. Загружаемые через засыпной аппарат рудное сырьё и кокс постепенно нагреваются и теряют влагу и летучие. При использовании флюсов и сырых руд происходят также процессы разложения карбонатов. Железорудное сырьё восстанавливается. Высший окисел Fe2O3 превращается в железо последовательно через промежуточные окислы. Процесс восстановления осуществляется практически по всей высоте печи, но заканчивается выше уровня фурм до поступления составляющих рудного сырья в зону горения. Восстановителями служат компоненты газа (СО и Н2), окисляющиеся в процессе восстановления до СО2 и Н2О.

Процесс восстановления железа складывается из реакций

FeO + CO = Fe + CO2

+

 C + CO2 = 2 CO (1)

FeO + C = Fe + CO

Такой процесс требует затраты углерода и поглощает большое количество (156,64 МДж/моль) тепла.

При высоких температурах, достигаемых после расплавления и разделения составляющих рудной части шихты на металл и шлак, получают некоторое развитие эндотермические процессы прямого восстановления кремния и марганца, а также процесс науглероживания железа. Эти процессы осуществляются при стекании струй чугуна и шлака через слой кокса (коксовую постель), выполняющего роль фильтра, пропускающего расплавы и газы и преграждающего путь ещё не расплавленным или полурасплавленным кускам рудных материалов.

Окись углерода, которая образуется по реакциям (1) и представляет собой основную горячую составляющую доменного (колошникового) газа, удаляется из печи с температурой примерно 650 К и используется в дальнейшем для отопления доменных печей.

Для отвода газа в куполе печи предусмотрены четыре боковых восходящих газоотвода. Вертикальные участки газоотводов соединены попарно в два газоотвода, переходящих в один нисходящий газоотвод, который входит сверху по оси в первичный пылеуловитель. Газоотводы футерованы шамотным кирпичом.

**1.2 Теплообмен в доменных печах**

В доменной печи шихта двигается сверху вниз, а раскаленные газы двигаются снизу вверх. Таким образом, осуществляется противоток газа и шихты. Характер теплообмена между газом и кусками шихты зависит от соотношения из водяных эквивалентов. Водяным эквивалентом газа (шихты) называют произведение расхода газа (шихты) на его (ее) теплоёмкость, т.е.

; ,

где Wг и Wш – водяные эквиваленты газа и шихты, Вт/К;

Gг и Gш – расход газа и шихты, кг/с или м3/с;

сг и сш – теплоёмкость газа и шихты, Дж/(кг ∙ К) или Дж/(м3 ∙ К).

Соотношение между водяными числами газа и шихты оказывает существенное влияние на теплообмен в шахтных печах. Характерными являются две противоточные схемы теплообмена, представленные на (рисунке 2).

Если водяной эквивалент газового потока больше водяного эквивалента потока шихты, т.е. Wг > Wш, то температура шихты достигает начальной температуры теплоносителя (газа) Т 'г, а теплоноситель выходит из теплообменника с температурой Т''г.

В этом случае при сохранении постоянным коэффициента теплопередачи и соотношения водяных эквивалентов по высоте шахтной печи температуру шихты на различных горизонтах шахты можно определять по приближенному уравнению Б.И. Китаева:

, (2)

где - числовой коэффициент, зависящий от критерия Био; αv – коэффициент теплоотдачи на единицу объёма шихты, Вт/(м3 ∙ К); f – пористость слоя шихты (доли единицы), равная отношению объёма, незанятого кусками шихты, ко всему объёму; τ – время от начала загрузки, шихты, с; Н – высота положения шихтовых материалов, м.

Когда водяной эквивалент шихты больше водяного эквивалента газа, т.е. Wг > Wш, газы отдают все свое тепло шихте и охлаждаются до температуры поступающей шихты Тш. Однако этого тепла не хватает, чтобы нагреть шихту до начальной температуры газов. Шихта после теплообмена будет недогретой, ее температура Тш будет ниже температуры поступающих в шахту газов Тг.

Для определения температуры газа на различных горизонтах шахты при этой схеме теплообмена можно использовать второе приближенное уравнение Б.И. Китаева:

, (3)

Для определения температуры шихты используют уравнение теплового баланса:

(Тш – Т 'ш) Wш = (Т 'г – Тг) Wг

Определение коэффициентов теплоотдачи в шахтных печах представляет собой большую сложность, поскольку форма и размер кусков шихты являются крайне неопределенными.

Эта сложность углубляется так же тем, что и расстояние между кусками является весьма неопределенным. Теплообмен от газов к кускам шихты осуществляется тремя видами теплопередачи: конвекцией, теплопроводностью и излучением, с переменным удельным значением каждого вида передачи тепла. Преобладающее значение имеет теплопередача конвекцией, так как расстояние между кусками весьма мало и тепловое излучение невелико.

Всё это вызвало необходимость использовать в расчетах теплообмена в шахтных печах коэффициенты теплоотдачи на единицу объема αv [Вт/(м3 ∙ К)] и на единицу поверхности αF [Вт/(м2 ∙ К)], связанные между собой следующим соотношением:

, (4)

где F – средняя удельная поверхность кусков шихты (м2/м3).

Для определения коэффициента теплоотдачи на единицу поверхности кусков могут быть использованы эмпирические уравнения. Одно из таких уравнений, полученное А.Н. Чернятиным, имеет следующий вид

, (5)

где ψ – коэффициент формы, учитывающий потери поверхности в местах контактов между кусками. Для кусков руды ψ = 0,86.

Используя выражения (4) и (5), можно найти коэффициенты αF и αv, необходимые для расчетов по уравнениям (2) и (3).

В реальных условиях работы доменной печи наблюдаются отклонения в постоянстве соотношения водяных эквивалентов, вызванные влиянием физико-химических процессов, протекающих в объеме печи.

В условиях работы доменной печи по ее высоте разграничиваются три зоны теплообмена на (рисунке 3): 1) верхняя зона, в которой теплообмен происходит в условиях Wг > Wш и тепло газа используется не полностью; 2) средняя зона, в которой теплообмен происходит вследствие протекающих в ней экзотермических реакций, и 3) нижняя зона (при Wг < Wш), в которой наблюдается самый интенсивный теплообмен.

Эти положения объясняют ряд известных положений, замеченных на практике. Например, тепло нагретого дутья полностью используется в нижней части печи, поскольку здесь Wг < Wш и происходит интенсивный теплообмен; введение кислорода в дутье или уменьшение удельного расхода кокса снижает температуру колошника благодаря тому, что уменьшаются количество газов и Wг.

Во всех случаях необходимо производить расчет шихты по методике, т. е. по формулам (1) и (2):

 (1)

 (2)

При расчете шихты учитывают угар элементов, который зависит от применяемых материалов, а также от типа печи

**1.3 Показатели работы доменных печей**

Основным продуктом доменной плавки является передельный чугун, который в дальнейшем используется для получения стали. Он имеет следующий состав: 3,7 – 4,3 % С, 0,3 – 1,0 % Si, до 2 % Mn, 0,02 – 0,06 % S, остальное железо.

Качественный уровень работы доменной печи характеризуется отношением ее полезного объема (м3) к суточной выплавке чугуна (т) и называется коэффициентом использования полезного объема (к. и. п. о.), который обычно колеблется в пределах 0,43 – 0,75. Примерный материальный и тепловой балансы доменной плавки даны в (таблице 1 и 2).

Из теплового баланса видно, что физическое тепло газов используется в доменной печи очень хорошо, а этом отношении доменная печь является весьма совершенным агрегатом. Химически связанное тепло углерода используется не полностью, так как в печи необходимо поддерживать восстановительную атмосферу, поскольку основное назначение доменной печи заключается в восстановлении железа из его оксидов. В результате неполного окисления углерода и водорода влаги в колошниковом газе, кроме СО, содержаться также горючие газы Н2 и СН4. В данном случае сухой колошниковый газ характеризуется теплотой сгорания Qнр = 4477 кДж/м3. Следовательно, на 1 кг чугуна с колошниковым газом уходит химической энергии тепла 4477 ∙ 2,684 = 11810 кДж, что составляет приближенно 44 % тепла, получаемого при сгорании кокса и природного газа.

Таблица 1 – Примерный материальный баланс доменной плавки на 1000 кг чугуна.

|  |  |
| --- | --- |
| Приход влажных материалов, кг | Выход продуктов, кг |
| 1. Кокс 6702. Агломерат 16503. Руда железная 1584. Окалина 1105. Известняк 3066. Дутьё сухое 24997. Влага дутья 318. Природный газ1 (132,5 м3) 104 | 1. Чугун 10002. Скрап 103. Шлак 7614. Газ сухой (2684 м3) 35855. Влага шихты 396. Влага, образовавшаяся в печи 1027. Пыль 32  |
| Итого 5528 | Итого 5528 |
| 1 – Стоимость тепла, выделяющегося при сгорании природного газа, в 10 раз меньше стоимости тепла, выделяющегося при сгорании кокса. |

|  |  |
| --- | --- |
| Приход тепла, кДж (%) | Расход тепла, кДж (%) |
| 1. От сгорания С при соединениис О2, содержащимся в дутье 4335 (35,9)2. От сгорания природного газау фурм 272 (2,2)3. Энтальпия дутья за вычетом теплоты разложения влаги дутья 1465(14,6)4. От сгорания С в СО при соединении с О2, содержащимсяв руде 730 (6,0)5. От сгорания С в СО2 при соединении с О2, содержащимсяв руде 3663 (30,2)6. От сгорания Н2 до Н2О в печи 1362 (11,1)  | 1. На диссоциацию оксидов 6816 (57,2)2. То же, сернистых соединений 8 (-)3. То же, карбонатов за вычетомтеплоты шлакообразования 314 (2,6)4. На выделение гидратной влаги 21 (-)5. Энтальпия чугуна 1215 (10,3)6. То же, шлака 1153 (10,0)7. На испарение влаги шихты 92 (0,8) 8. На нагрев водяных паров до температуры колошника 92 (0,8)9. Энтальпия сухого колошникового газа 1385 (11,6) 10. На потери с охлаждающейводой 455 (3,7)11. На потери в окружающее пространство (по разности) 364 (3,0) |
| Итого 11827 (100)  | Итого 11827 (100)  |

Таблица 2 – Примерный тепловой баланс доменной плавки на 1 кг чугуна

**Заключение**

Технико-экономическая оценка доменных печей

С целью экономии дорогостоящего кокса дутье доменной печи нагревают в воздухонагревателях. Еще недавно температура нагрева дутья достигала 873 – 973 К. В последнее время в связи с улучшением физико-химических свойств проплавляемых материалов стало возможным применять высокотемпературное дутье (1723 – 1473 К). Это позволило уменьшить расход топлива (кокса) на 10 – 15 % и более, а также частично заменить кокс природным газом и повысить содержание кислорода в дутье. Применение этих мероприятий позволило увеличить производительность печей.

**Список использованных источников**

1 Кривандин В.А. Теория, конструкции и расчеты металлургических печей – 1 том / Ю. П. Филимонов, В.А. Кривандин; профессор, доктор техн. наук. – Москва: Металлургия, 1986 г. – 477 с.