Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное агентство по образованию

ГОУ ВПО "Магнитогорский государственный технический

Университет им. Г.И. Носова"

Кафедра металлургии черных металлов

Курсовая работа по дисциплине

"Экстракция черных металлов из природного и техногенного сырья"

Выполнил: студент группы МСЭ - 07

Арапов А.В.

Проверил: доцент кандидат

технических наук Ваганов А.И.

Магнитогорск 2009

Содержание

1. Общие положения

[2. Расчет шихты доменной печи](#_Toc291920043)

2.1 Исходные данные

[2.2 Средневзвешенный состав рудной смеси](#_Toc291920045)

2.3 Оценка материалов

[2.4 Выбор состава чугуна и основности шлака](#_Toc291920047)

2.5 Определение расхода материалов

[2.6 Определение состава чугуна и шлака](#_Toc291920049)

3. Оценка физических и физико-химических свойств шлака

[4. Профиль доменной печи. Общие сведения](#_Toc291920051)

5. Расчет профиля

[5.1 Горн доменной печи](#_Toc291920053)

5.2 Заплечики и распар

[5.3 Шахта и колошник](#_Toc291920055)

5.4 Полезный объем

[6. Показатели, характеризующие работу доменной печи](#_Toc291920057)

Библиографический список

# 1. Общие положения

Шихта - материалы в массовом или объемном соотношении, обеспечивающем получение нужного продукта, в частности чугуна, рассчитывается путем составления и решения уравнений материального баланса элементов или соединений, содержащихся в материалах и в продуктах процесса. Число составляемых уравнений должно быть равно числу материалов, расход которых требуется определить. Обычно уравнения составляются по заданным условиям - расходу отдельных материалов или соотношению между ними, выходу чугуна из материалов и содержанию в чугуне (шлаке) тех или иных элементов (соединений).

Уравнения составляются различными способами, чаще всего в виде:

,

где *М* и *П* - расход материала и выход продукта процесса;

ам и ап - содержание компонента в исходном материале и продукте процесса;

 - избыток (недостаток) компонента по сравнению с желательным.

Уравнение (1) составлено из условия, что общее количество компонента "а" в исходной шихте равно его количеству в продуктах процесса, уравнение (2) - из условия, что в шихте не должно быть ни избытка, ни недостатка компонента "а".

Химический состав шихтовых материалов доменной плавки чаще всего не может обеспечить все желательные для процесса условия. Поэтому в расчетах шихт удовлетворяют прежде всего наиболее важные требования. Последние устанавливаются составлением поверочной таблицы расчета шихты, которая делается также для проверки выполнения принятых для расчета шихты условий и определения содержаний отдельных составляющих в продуктах плавки.

Основным в расчетах является учет технологических особенностей процесса, поэтому, выполняя их, необходимо обращаться к соответствующим разделам курса "Металлургия чугуна". Конечной учебной целью расчетов является овладение методикой выполнения их и закрепление теоретических знаний.

Наиболее полный метод расчета шихты - комплексный метод А.Н. Рамма [2]. По этому методу составляются основные (3 и 4) и дополнительные уравнения материального баланса, а также уравнения теплового баланса (5):

по выходу чугуна

,

по основности шлака

,

по тепловым эквивалентам

,

Здесь *l*м, и *q*м - выход чугуна из материалов, недостаток оснований в них и тепловой эквивалент материалов.

Под тепловым эквивалентом понимается затрата тепла на проведение процессов с 1 т или 1 кг материалов. В уравнения вводятся расход горючего, для которого тепловой эквивалент отрицателен, так как процессы, в которых участвует горючее, в целом проходят с выделением тепла.

шихта доменная печь чугун

Дополнительные уравнения могут и должны составляться по фосфору, марганцу, глинозему, магнезии, количеству шлака, если имеются материалы с различным количеством этих составляющих.

По методу А.Н. Рамма одновременно с расчетом шихты составляются материальный и тепловой балансы доменной плавки. Наиболее пригоден этот метод при проектировании, особенно для условий, значительно отличающихся от обычной доменной практики.

Ранее были разработаны упрощенные методы расчета шихты, широко распространенные и в настоящее время. В расчетах шихты по этим методам расход горючего принимается и делается ряд допущений, которые, не внося существенных погрешностей в результаты расчета, значительно облегчают составление и решение уравнений материального баланса.

# 2. Расчет шихты доменной печи

# 

# 2.1 Исходные данные

Таблица 1 - Химический состав материалов

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Материал | Состав сухой массы, % | | | | | | | |
| Fe | MnO | SO3 | P2O5 | SiO2 | Al2O3 | CaO | MgO |
| Железная руда | 50,1 | 1,26 | 0,03 | 0,03 | 10,14 | 2,18 | 1,21 | 0,5 |
| Агломерат | 53,3 | 0,7 | 0,03 | 0,05 | 9,7 | 0,7 | 12,2 | 1,7 |
| Окатыши | 64,41 | 0,51 | 0,06 | 0,06 | 5,04 | 1 | 5,01 | 0,7 |
| Металлодобавки | 84 | - | - | - | 1,5 | - | - | - |
| Известняк | 0,6 | 0,1 | - | - | 1,55 | 0,5 | 53,5 | 1,4 |
| Зола кокса | 5,6 | - | - | - | 50,4 | 25 | 4,5 | 1,25 |

**Расход влажного кокса**, содержащего влаги  - 2%; золы  - 11,2%; серы  - 0,53 %, 480 кг/т чугуна

**Расход металлодобавок** 12 кг/т чугуна.

**В железорудной смеси содержится**: 10 % железной руды,

85 % - агломерата,

5 % - окатышей.

# 

# 2.2 Средневзвешенный состав рудной смеси

Средневзвешенное содержание в рудной смеси элементов и оксидов Э определяется по содержанию их в компонентах смеси (руда, агломерат и др.) и заданной доле (процентном содержанию) компонентов в смеси: . (Пересчёт элементов из их оксидов по известным атомным и молекулярным массам).

В рудной смеси содержится:























Принимаем ориентировочно содержание железа в чугуне 94%, что составляет 940 кг/т чугуна. Тогда рудная часть должна внести железа



Здесь 84 и 5,6 - содержание железа соответственно в металлодобавках и золе кокса, %:

12 - расход металлодобавок, кг/т;



количество золы, вносимой коксом, кг/т. Ориентировочный расход рудной смеси:

 кг.

# 2.3 Оценка материалов

Материалы (отдельные компоненты или железорудная смесь) оцениваются по содержанию в них марганца, фосфора и шлакообразующих - кремнезема и извести. Необходимость оценки по  и  определяется тем, что переход этих элементов в чугун зависит от их общего количества, вносимого шихтой, что определяет возможную марку выплавляемого чугуна. Оценка по содержанию  и  или их отношению , т.е. основности пустой породы, выполняется с целью установления потребности во флюсах.

Количество марганца и фосфора, вносимых железорудной смесью, металлодобавками и золой кокса, определяется по известным расходам этих материалов и содержанию элементов в них.

Вносится марганца 

фосфора .

Коэффициенты перехода марганца и фосфора в чугун принимаются равными 0,6 и 1,0 соответственно, тогда ориентировочно в чугуне будет содержаться:

марганца ;

фосфора .

Основность, т.е. отношение  в железорудной смеси, равна b=8,58/8,11 =1,06. Успешное ведение доменной плавки по получению кондиционного по сере чугуна возможно при .

# 2.4 Выбор состава чугуна и основности шлака

В соответствии с проведенной оценкой материалов принимаем выплавку передельного чугуна марки П1 (группы 2, класса А, категории II)

Таблица 2 - Состав чугуна

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Содержание, % | | | | | |
|  |  |  | S |  |  |
| По ГОСТ 805-80 | 0,5-0,9 | <0,5 | <0,1 | <0,02 | - | - |
| Принято для расчета | 0,6 | 0,601 | 0,037 | 0,02 | 4,41 | 94,71 |

Примечание. Содержание в чугуне (табл.2)  и  принято согласно оценке материалов; Si, равного 0,6% - из условия обеспечения нормального нагрева чугуна; S, равного 0,02% - относительно низким для снижения затрат на передел чугуна в сталь. Содержание углерода принимается в соответствии с видом чугуна: 4,3-4,9% при выплавке обычных передельных



Содержание железа определяется по разности

.

Основность шлака в различных условиях плавки меняется в широких пределах, главным образом, в зависимости от количества серы, вносимой коксом, и от желательной обессеривающей способности шлака.

Основность шлака, выраженная отношением , находится обычно в пределах  при выплавке чугуна на коксе, содержащем  S, и в пределах  - при работе на коксе, содержащем  % серы.

В настоящем примере при S = 0,53% принята bзад= CaO/SiO2 = 1,1.

# 

# 2.5 Определение расхода материалов

Для расчета используются характеристики, приводимые проф.А.Н. Раммом. Общий вид уравнений материального баланса для определения расхода материалов:

1. по выходу чугуна

.

2. по основности шлака

.

Здесь , , ,  - соответственно расход рудной смеси, металлодобавок, известняка и золы кокса, кг/т чугуна;

 - выход чугуна на 1 кг соответствующем материала, кг/кг;

 - избыток или недостаток извести в соответствующем материале при заданной основности шлака, %.

По составу материалов и принятым для расчета данным вычисляем характеристики ( и ) для соответствующих материалов путем последовательного заполнения таблицы 3.

Таблица 3 - Характеристики материалов

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Характеристики | Обозначения и формулы | Рс | М | И | А |
| Выход чугуна, кг/кг |  | 53,54\*0,999/94,35=  =0,567 | 0,889 | 0,0064 | 0,0593 |
| Расход SiO2 на восстановление Si, % |  | 0,567\*0,6\*2,14=0,73 | 1,14 | 0,0082 | 0,076 |
| Содержание SiO2 в материале, % |  | 8,11 | 1,5 | 1,55 | 50,4 |
| Переход SiO2 в шлак, % |  | 8,11-0,73=7,38 | 0,36 | 1,5418 | 50,324 |
| Требуется CaO, % |  | 7,38\*1,1=8,118 | 0,396 | 1,696 | 55,37 |
| Содержание СаО в материале, % |  | 8,58 | - | 53,5 | 4,5 |
| Избыток (недостаток) СаО в материале, % |  | 8,58-8,118=0,46 | -0,396 | 51,8 | -50,87 |

По полученным характеристикам и известным расходам материалов (металлодобавки и зола кокса) составляем уравнения материального баланса:

;

.

Решение системы уравнений дает Pc = 1738,9кг, И = 117,8кг.

Тогда в рудной смеси содержится:

железной руды 1738,9\*0,1=173,89кг

агломерата 1738,9\*0,85=1478,06 кг

окатышей 1738,9\*0,05 = 86,95 кг

# 

# 2.6 Определение состава чугуна и шлака

Для расчета состава чугуна и шлака и проверки выполнения принятых условий составляется поверочная таблица расчета шихты (таблица 4).

По расходу и составу материалов определяется количество составляющих, вносимых отдельными материалами, а суммированием по графам вычисляется общее количество составляющих (строка "Всего вносится"). Общие количества отдельных элементов и составляющих, поступающих с шихтой, распределяются между чугуном и шлаком.

Железо. Вносится 944,7 кг, Переходит в чугун 944,7\*0,999 = 943,75 кг; в шлак 944,7 - 943,75=0,95 кг в виде 0, 95\*72/56 = 1, 222 кг .

Марганец. Вносится 10,34 кг. При коэффициенте перехода в чугун, равном 0,6, перейдет в чугун 10,34\*0,6 = 6,2кг, в шлак 10,34 - 6,2 = 4,14 кг в виде 4,14\*71/55 = 5,35 кг MnO.

Фосфор. Полностью (0,37 кг) переходит в чугун.

Сера. Вносится 2,723кг. Переход в чугун принимается по принятому составу чугуна (см. табл.2): 0, 02\*1000/100 = 0, 2кг. При выплавке передельных чугунов переходит в газ до 10% вносимой серы. Переходит в шлак:

2,723 - (0,2 + 2,723\*10 /100) = 2,25 кг.

Углерод. Переход в чугун принимается согласно принятому (4,41% - см. табл.2) - 44,1 кг,

Кремний. Переходит в чугун 6, 0 кг (принято 0,6% - см. табл.2).

Кремнезем. Вносится 168,6 кг . На восстановление 6,0 кг кремния расходуется 6, 0\*60/28 = 12, 86 кг, переходит в шлак 168,6-12,86 = 155,74 кг.

Глинозем, известь, магнезия. Полностью, соответственно 28,8; 214,6 и 28,91 кг переходят шлак.

Таблица 4 - Поверочная таблица расчета шихты

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Материал | Расход мат., кг | Составляющие, числитель - %, знаменатель - кг | | | | | | | | |
| Fe | Mn | S | P | C | SiO2 | Al2O3 | CaO | MgO |
| Кокс сухой | 470,4 | - | - | 0,53 | - | - | - | - | - | - |
| 2,493 |
| Железнорудная смесь | 1738,9 | 53,54 | 0,588 | 0,013 | 0,0212 | - | 8,11 | 0,863 | 8,58 | 1,53 |
| 931 | 10,22 | 0,23 | 0,37 | - | 141 | 15,01 | 149,2 | 26,6 |
| Металлодобавки | 12 | 84 | - | - | - | - | 1,5 | - | - | - |
| 10,08 | - | - | - | - | 0,18 | - | - | - |
| Известняк | 117,8 | 0,6 | 0,1 | - | - | - | 1,55 | 0,5 | 53,5 | 1,4 |
| 0,7 | 0,12 | - | - | - | 1,82 | 0,59 | 63 | 1,65 |
| Зола кокса | 52,7 | 5,6 | - | - | - | - | 50,4 | 25 | 4,5 | 1,25 |
| 2,95 | - | - | - | - | 25,6 | 13,2 | 2,37 | 0,66 |
| **Всего вносится** | | **944,7** | **10,34** | **2,723** | **0,37** | **0,00** | **168,6** | **28,8** | **214,6** | **28,91** |
| Переходит в газ, %/кг | - | - | - | 10,00 | - | - | - | - | - | - |
| 0,272 |
| Переходит в чугун, кг | 1000,42 | 943,75 | 6,2 | 0, 20 | 0,37 | 43,9 | 6,00 | - | - | - |
| Переходит в шлак, кг | 435,74 | 0,95 | 4,14 | 2,25 |  |  | 155,74 | 28,8 | 214,6 | 28,91 |
| 1,222 | 5,35 |
| Состав чугуна, % | - | 94,33 | 0,62 | 0,02 | 0,037 | 4,39 | 0,60 | - | - | - |
| Состав шлака, % | - | 0,28 | 1,23 | 0,52 | - | - | 35,75 | 6,6 | 49,5 | 6,64 |

\* - Элементы, соответственно Fe, Mn, Si, S., \*\* - Оксиды, соответственно FeO, MnO, SiO2

Количество составляющих чугуна:

943,75+6,2 + 0, 2 + 0,37 + 43,9 + 6, 0 = 1000,42кг.

Количество составляющих (выход) шлака:

Ш = FeO + MnO + 0, 5\*S + SiO2 + Al2O3 + CaO + MgO = 1,22 + 5,35 + 0, 5\*2,25 + 155,74+ 28,8 + 214,6 + 28,91 = 435,74 кг

По основной реакции десульфурации  в шлак переходит 32 единиц серы, но при этом уходит в газ 16 единиц кислорода, поэтому для сохранения баланса учитывается половина переходящей в шлак серы.

# 3. Оценка физических и физико-химических свойств шлака

Основность шлака bзад = CaO/ SiO2 = 1,1 bрасч = 214,6/155,74 = 1,37. По А.Н. Рамму сумма всех основных оксидов, т.е. оснований, для получения чугуна с 0,02% серы при 0, 6% Si, должно быть не менее:



Здесь Ш - относительный выход шлака, т/т.

Фактическое содержание оснований:

,

что выше требуемого (48,1%). Следовательно, шлак обладает достаточной обессеривающей способностью.

Коэффициент распределения серы



т.е. находится в пределах практических значений (20.80).

Для определения физических характеристик шлака температуры плавления (температуры "хорошей" текучести)  и вязкости шлака  *-* его состав пересчитывается на 3 компонента. Согласно выводам В.Е. Васильева [5], содержания  и  могут быть объединены с , при малом количестве магнезии в шлаке (до 2%) ее следует суммировать с глиноземом, иначе принимаем условно сумму  за  (табл.5).

За температуру плавления шлака обычно принимают температуру конца кристаллизации (начала плавления, т.е. солидус) или температуру при которой шлак может свободно течь. Иногда за температуру плавления принимают температуру "хорошей" текучести, соответствующую вязкости 0,3.0,4  (3.4 пуаз).

Таблица 5 - Пересчет состава шлака

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Составляющие | Содержание, % | |
| фактическое | в пересчете на 3 компонента |
| SiO2 | 35,75 | 36,3 |
| Al2O3 | 6,6 | 6,7 |
| CaO | 49,5 | 57 |
| MgO | 6,64 |
| Сумма | 98,49 | 100,00 |

Температуру "хорошей" текучести и вязкость шлака при 1500°С:

°С

 пуаза (0,2 ).

Следовательно, свойства шлака находятся в допустимых пределах:

не превышает 1500°С, а  *-* не более 7 пуаз (0,7 ).

# 4. Профиль доменной печи. Общие сведения

Профилем называются очертания вертикального осевого сечения рабочего пространства доменной печи.

В объёме ограниченном профилем совершаются все основные процессы доменной плавки: горение кокса и топливных добавок у фурм, восстановление железа из оксидов, тепло - и массообмен между движущимися в противотоке материалами и газами, плавление и завершающиеся стадии формирования чугуна и шлака. Поэтому размер элементов профиля должны устанавливаться в соответствии с потребностями и состоянием хода доменного процесса.

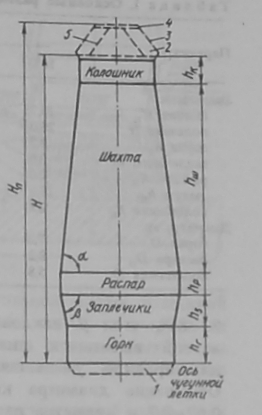


Рис.1 - Профиль доменной печи

НП - полная высота, Н - полезная высота, hК - высота колошника, hШ - высота шахты, hР - высота распара, hЗ - высота заплечиков, hГ - высота горна,  - угол наклона шахты,  - угол наклона заплечиков.

# 5. Расчет профиля

Рассмотрим расчет профиля доменной печи производительностью 6400 тонн передельного чугуна в сутки, работающей на дутье обогащенном кислородом до 26%, при вдувании 140  природного газа, давлении газа на колошник 214 кПа (2,2 атм.) и при относительном расходе кокса 480 кг/т и относительном выходе шлака 435 кг/т.

# 

# 5.1 Горн доменной печи

Горн важнейший элемент рабочего пространства доменной печи. Горн предназначен для сжигания горючего; накапливания, разделения и выравнивания температуры чугуна и шлака, окончательного формирования их состава. Сечение горна доменной печи заданной производительности должно обеспечивать пропуск необходимого количества фурменных газов, при наличии в этой зоне коксовой насадки, через которую навстречу газам стекают жидкие продукты плавки. В качестве базовой характеристики для расчета сечения горна используют интенсивность горения кокса i0 т/м2 сутки или условную характеристику предложенную академиком Павловым, обогащение дутья кислородом, повышение температуры дутья и давление газа на колошнике, вдувание в горн топливных добавок ведут к изменению интенсивности горения по коксу, в связи с чем целесообразно сечение горна целесообразно рассчитывать с использованием общего условного расхода за сутки Кус, и исправленной интенсивности горения **.**

**; ;**

S*г -* сечение горна, Кус - расчетная величина условного топлива, iисп - интенсивность горения топлива, К - относительный расход кокса, ПГ - расход природного газа, П - производительность, Э - эквивалент замены кокса природным газом (принимаем Э=1).

Принимаем базовую интенсивность горения кокса в горне при работе печей с обычным давлением газа под колошником 147кПа (1,15 атм.) без обогащения дутья кислородом равной **.**

Тогда исправленная (скорректированная в соответствии с изменившимися параметрами плавки) значение интенсивности будет равно:

****

Где ** -** суммарное увеличение интенсивности в результате обогащения дутья кислородом, повышения давления газа на колошнике и т.д.

Обогащение дутья кислородом позволяет повысить интенсивность горения на 2-2,5 % на каждый % повышения содержания кислорода от 21 до 25 %, на 1,5-2 % на каждый % повышения содержания кислорода от 25,1о 30 %, на 1-1,5% на каждый % повышения содержания кислорода от 30 до 35%.

Заданное в исходных данных обогащение дутья кислородом до 27,1% будет способствовать увеличению интенсивности горения на величину:

;

При переводе доменных печей на повышенное давление имело место увеличение интенсивности горения на 0,4-0,8% на каждые 9,81 кПа (0,1 атм.)

На проектируемой печи давление газа под колошником 214 кПа (2,2 атм.) - это будет способствовать повышению интенсивности горения на величину:

;

;



Таким образом при таком значении исправленной интенсивности сечение горна будет равно:

, 

Высота горна складывается из следующих элементов:

;

Где: -высота металлоприемника - расстояние между горизонталями чугунных и шлаковых леток;

-высота фурменной зоны;

-расстояние между горизонтом воздушных фурм и нижней кромкой заплечиков;

Высоту фурменной зоны берем равной =1,4 м и конструктивный размер =0,5м принимаем по практическим данным.

Высота металлоприемника в современных печах находится обычно в пределах 1,4-2,8м. Принимаем высоту металлоприемника 2 м, тогда высота горна будет равна:



Практика показала что ровный сход шихты и максимальное использование обессеривающей способности шлака достигается чаще всего в тех случаях, когда перед выпуском занимает объём металлоприёмника, а весь шлак выпускается через чугунные лётки т.е. когда соблюдается следующее равенство:

;

Где: -количество выпусков продуктов выплавки в сутки;

-коэффициент заполнения горна (0,4 - 0,45 м3/м3);

-продолжительность выпуска (40-60 мин);

 - среднесуточные объемы скорости накапливания продуктов плавки;

1440-количество минут в сутках;

Интенсивность плавления выраженная среднесуточными объёмными скоростями накапливания продуктов плавки составляет:





 - плотность жидкого чугуна и шлака соответственно 6,9 т/м3 и 1,93 т/м3, Ш - относительный выход шлака.

Приняв =0,45 и =40 мин определим необходимое число выпусков  из вышеприведенного равенства:



Принимаем 2 чугунные летки (на одну чугунную летку приходится 6-8 выпусков).

# 

# 5.2 Заплечики и распар

В заплечиках, расположенных над горном и расширяющихся кверху, идут конечные стадии плавления и восстановления. Заплечики-элемент профиля доменной печи, обеспечивающий желаемый характер схода материалов в горн, главным образом в фурменные очаги.

Распар-наиболее широкая часть печи, обеспечивает плавный переход от заплечиков к шахте. В нем протекают процессы шлакообразования и плавления.

Принимаем ; где: -диаметр распара;

Обычно это отношение находится в пределах 1,1-1,5м и тогда:



Для определения очертания заплечиков кроме диаметра распара необходимо выбрать высоту заплечиков или угол наклона стен заплечиков.

В учебных расчетах высоту заплечиков можно определить по формуле:





Полученное значение  находится в рекомендуемых пределах (), следовательно высота заплечиков и диаметр распара выбраны правильно.

Высоту распара принимаем равной 1,7 метра. Она обычно находится в пределах 1,5-2м.

# 5.3 Шахта и колошник

Основная технологическая роль шахты-предоставление достаточного объёма и обеспечение времени пребывания для подготовки, т.е. прогрева и восстановления железорудных минералов к зоне плавления. Расширение шахты книзу необходимо для разрыхления периферии, вследствие вытеснения туда кокса, и требуется для компенсации теплового расширения материалов.

Принимаем величину отношения обычно это отношение находится в пределах (0,69-0,74) в зависимости от вида материалов.

Тогда -диаметр колошника будет равен:



Высоту шахты определяют по величине необходимого объема её. Для этого задается величина отношения , следовательно



Тогда высота шахты рассчитывается по формуле:



.

Значения проектного угла шахты менее  не желательно, обычно этот угол находится в пределах .

Принимаем *hК=2 м*, следовательно, полезная высота:

.

# 5.4 Полезный объем

По установленным размерам элементов профиля рассчитаем полезный объём печи:

Горн



Заплечики



Распар



Шахта



Колошник



Полезный объем:



# 6. Показатели, характеризующие работу доменной печи

Достаточность полезного объёма проектируемой доменной печи заданной производительности устанавливают сравнением удельной производительности или КИПО (коэффициент использования полезного объёма) и времени пребывания шихты в рабочем пространстве доменной печи с достигнутыми показателями на практике.

Коэффициент использования полезного объема:

 м3\*сут/т

КИПО находится в допустимых пределах (0,4 - 0,6). Чем ниже КИПО тем производительнее работает печь.



Среднее пребывание материала в доменной печи рассчитывается по формуле:

,

V - Объем шихтовых материалов расходуемых на производство 1 тонны чугуна

f - Коэффициент уминки (усадки) шихты в печи, равный 12,5%.

,

К, Ф, А, Р, О, М - расход на 1 т чугуна кокса, флюса, агломерата, руды, окатышей, металлодобавок соответственно;  - насыпные плотности (массы) соответствующих материалов.

Пределы насыпных плотностей:

- (400-520) кг/т. чуг.

- (1450-1800) кг/т. чуг.

- (1600-2000) кг/т. чуг.

- (2100-2300) кг/т. чуг.

- (1650-2100) кг/т. чуг.

- (1800-2200) кг/т. чуг

Принимаем:

= 450 кг/т. чуг.

= 1700 кг/т. чуг.

 = 1700 кг/т. чуг.

 = 2150 кг/т. чуг.

 = 1750 кг/т. чуг.

= 1900 кг/т. чуг.

Тогда объем шихтовых материалов на 1т чугуна:

м3/т,

И среднее пребывание материала в доменной печи рассчитывается по формуле:

7. Реферат

**Поведение серы в доменной плавке и десульфурация чугуна**

Сера - особенно вредная примесь в чугуне (а также в стали). Основное количество серы вносит кокс, часть - железная руда. В доменной печи 10-20% серы удаляется в виде соединений. Остальная часть серы переходит в чугун и в шлак в виде сульфидов FeS, CaS и др. Сульфид железа FeS хорошо растворяется в чугуне.

В условиях доменной плавки основным способом десульфурации, т.е. удаления серы из металла, является образование сульфида кальция CaS по реакции:

 +Q

Сульфид кальция CaS нерастворим в чугуне и находится в шлаке. Наиболее интенсивно эта реакция протекает при прохождении капель чугуна через слой шлака.

Из этой реакции следует, что одним из основных условий удаления серы из металла является достаточное количество извести CaO в шлаке. Удалению серы способствует высокая температура в горне, с нагревом уменьшается вязкость шлака, что улучшает диффузию сульфидов и способствует восстановлению FeO.

Часть серы удаляется с помощью MgO (всегда содержащемся в шлаке), а также марганца по реакциям:





Сульфид магния MgS нерастворим в металле, а сульфид марганца MnS растворяется незначительно. Широкое распространение получило внедоменное удаление серы из чугуна. При выдержке его в ковшах - чугуновозах и в миксере часть серы может переходить из металла в шлак в виде сульфида марганца MnS, так как растворимость этого соединения в металле при понижении температуры уменьшается. Такой способ дает хорошие результаты при содержании в чугуне более 2% Mn.

Одним из опробованных в промышленных масштабах способов внедоменного удаления серы является обработка чугуна в выпускном желобе или в чугуновозе содой  (1% от массы чугуна). Сера удаляется по реакции:



Образующийся при этом сернистый натрий Na2S переходит в шлак. В настоящее время проводят исследование работы по изысканию других недефицитных и дешевых реагентов. Шлакообразование начинается примерно в распаре печи.

Сера соединяется с железом, образуя легкоплавкую эвтектику с температурой плавления 985° С. В жидком чугуне сера может растворяться в неограниченном количестве, а в твердом незначительно.

Сера, присутствующая в виде сульфидов, богатых железом или в виде эвтектики, сильно тормозит графитизацию в низкомарганцовистых чугунах, снижает их механические свойства из-за образования на границах зерен хрупкой эвтектики. Нейтрализация этого влияния серы и максимальная степень графитизации для данного чугуна обычно достигаются при отношении Mn/S = 4/5. При этом сера в основном находится в виде сульфидов марганца, не влияющих на графитизацию.

Сульфидные соединения увеличивают вязкость чугуна, ухудшают жидкотекучесть и механические свойства.

При содержании 0,12 - 0,14% серы резко понижается жидкотекучесть и увеличивается количество цементита и перлита в структуре чугуна - появляется отбел в тонких сечениях отливок. Отбел получается вследствие того, что сульфиды железа, имея низкую температуру плавления, кристаллизуются по границам зерен и препятствуют растворимости углерода, кремния в железе и распаду цементита.

Сульфид кальция CaS нерастворим в чугуне и находится в шлаке. Наиболее интенсивно эта реакция протекает при прохождении капель чугуна через слой шлака.

Из этой реакции следует, что одним из основных условий удаления серы из металла является достаточное количество извести CaO в шлаке. Удалению серы способствует высокая температура в горне; с нагревом уменьшается вязкость шлака, что улучшает диффузию сульфидов и способствует восстановлению FeO.

**Десульфурация**

В качестве реагентов-десульфураторов при внепечной обработке чугуна используют магний (в виде чистого магния, смеси извести и магния, в виде кусков кокса, пропитанных магнием, в виде гранул магния, покрытых солевыми покрытиями и др.), кальцийсодержащие материалы (в виде извести, известняка, карбида кальция) и соду. Основные реакции десульфурации чугуна:

Расчеты показывают, что для связывания 1 кг серы необходимо 0,75 кг Mg, 1,75 кг СаО, 2 кг СаС2, 3,31\_кг Na2CO3. Наиболее низкий расход реагента - в случае использования металлического магния. При этом обеспечивается высокая степень десульфурации. К преимуществам использования именно магния можно отнести такие факторы, как малое количество образующегося шлака и то, что в процессе десульфурации магнием практически не образуется продуктов, вредных для окружающей среды. Однако стоимость магния сравнительно высока и выбор реагента определяется в конечном счете экономическими соображениями.

Ввод реагентов в металл может осуществляться в виде кусков, гранул, порошков, проволоки. При вдувании порошков в качестве несущего газа используют воздух, азот, природный газ. Перемешивание реагентов с металлом можно осуществлять различными способами, в том числе:

1) падающей струей металла;

2) различными механическими мешалками;

3) барботажем под воздействием продувки газом;

4) пульсирующей затопленной струей и др. (воздействием вибрации, воздействием ультразвука, газлифтным перемешиванием).

Работа с магнием имеет свои особенности, связанные, во-первых, с тем, что магний при нагреве до температуры расплавленного металла испаряется, объем его возрастает в тысячи раз и, во-вторых, энергия взаимодействия паров магния с примесями жидкого металла и с окружающим возду хом (окисление магния с образованием MgO с выделением большогоколичества тепла 2Mgr + О2 = 2MgO;

ДС7° = - 726900 + 202,027

Настолько велика, что наблюдается пироэффект в виде яркой вспышки). Поэтому магний вводят в металл обычно под специальным колпаком - испарителем со щелями для выхода паров магния или каким-либо иным способом, исключающим выброс жидкого металла (пассивированием кусков магния, заполнением магнием пор в кусках инертного материала, в пористых кусках кокса введением в чугун гранулированного магния в токе природного газа или азота и т.п.).

При использовании смесей типа [известь + плавиковый шпат + реагент, снижающий окисленность ванны (алюминий, кокс и т.п.)] используют мешалки Перемешивание металла с реагентом достигается вращением ротора-мешалки и пропусканием через ротор газа-перемешивателя (обычно азота), создающего эффект кипения. В последнее время все большее распространение получает метод обработки чугуна с использованием проволоки, наполненной реагентами - десульфураторами. Перемешивание массы металла достигается при этом дополнительной продувкой ванны газом (азотом).

Недостатком известного способа является применение сложной рецептуры реагентов, что усложняет процесс. При этом применение реагентов в виде чушек и порошков приводит к потери теплосодержания жидкого чугуна на их расплавление при его десульфурации, что повышает энергозатраты при конвертерной выплавке стали. Кроме того, при известном способе не обеспечивается достижение сверхнизкого содержания серы в чугуне. Пpи этом применение для десульфурации чугуна извести приводит к образованию тугоплавких шлаков, что усложняет процесс их скачивания. Кроме того, при применении извести происходит эндотермическая реакция при образовании CaS, что увеличивает потери температуры чугуна, удлиняет процесс его десульфурации.

Технический эффект при использовании изобретения заключается в достижении сверхнизких значений содержания серы в чугуне перед его заливкой в конвертер.

Это достигается тем, что заливают чугун в заливочный ковш конвертера и подают в ковш необходимые реагенты.

В ковш подают стальную проволоку с наполнителем магнием с расходом 0,3-1,0 кг/т чугуна, затем продувают чугун нейтральным газом через погружную фурму в течение 0,5-4,0 мин с расходом 0,1-0,14 м3/т чугуна, скачивают шлак из ковша и заливают чугун в конвертер.

Достижение сверхнизких значений содержания серы в чугуне будет происходить вследствие применения в качестве реагента магния, что обеспечивает высокую степень усвоения серы и образования MgS. Сказанное обеспечивает также применение продувки чугуна нейтральным газом, что повышает скорость и интенсивность образования MgS и более полное удаление серы из чугуна.

Кроме того, применение в качестве реагента магния делает шлак легко подвижным, что обеспечивает его быстрое удаление. Последнее устраняет возможность обратного перехода в чугун образовавшихся сульфидов.

Использование проволоки со стальной оболочкой и наполнителем магнием позволяет доставлять магний на всю глубину разливочного ковша, что повышает интенсивность процесса десульфурации и сокращение времени обработки чугуна.

Диапазон значений расхода магния в пределах 0,3-1,0 кг/т объясняется закономерностями десульфурации чугуна. При меньших значениях не будет происходить удаление серы из чугуна в пределах, заданных по технологии. Большие значения устанавливать не имеет смысла, так как при этом будет происходить перерасход магния без дальнейшего снижения содержания серы в чугуне.

Указанный диапазон устанавливают в прямой пропорциональной зависимости от начального содержания серы в чугуне. Диапазон расхода нейтрального газа в пределах 0,1-0,14 м3/т объясняется закономерностями перемешивания чугуна в заливочном ковше. При меньших значениях не будет происходить необходимого перемешивания чугуна и устранения серы.

При больших значениях будет происходить перерасход нейтрального газа без дальнейшего повышения эффективности перемешивания чугуна, а также будет происходить его переохлаждение.

Указанный диапазон устанавливают в прямой пропорциональной зависимости от объема чугуна в разливочном ковше.

Диапазон времени продувки чугуна нейтральным газом в предела 0,5-4,0 мин объясняется закономерностями десульфурации чугуна в процессе образования сульфидов магния. При меньших значениях не будет успевать происходить реакция образования MgS с необходимым удалением серы. При больших значениях будет происходить переохлаждение чугуна в заливочном ковше.

Указанный диапазон устанавливают в прямой пропорциональной зависимости от емкости разливочного ковша.

Способ десульфурации чугуна перед конвертерной плавкой осуществляют следующим образом.

При десульфурации чугуна в заливочный ковш подают проволоку, состоящей из тонкой стальной оболочки с наполнителем порошкообразным магнием. Температура чугуна составляет 1350С. Внешний диаметр проволоки составляет 9,6 мм. Проволоку подают при помощи трейбаппарата со скоростью до 3,6 м/с, при этом расход магния устанавливают в пределах 0,3-1,0 кг/т чугуна. После подачи необходимого количества магния чугун продувают нейтральным газом азотом через погружную фурму в течение 0,5-4,0 мин с расходом 0,1-0,14 м3/т чугуна. После продувки чугуна азотом сливают образовавшийся шлак из разливочного ковша посредством, например, его наклона или машины для скачивания шлака. После скачивания шлака заливочный ковш транспортируют к конвертеру в течение 2-10 мин и заливают чугун в конвертер. В течение этого периода чугун в заливочном ковше усредняется по температуре и составу.

В таблице приведены примеры осуществления способа десульфурации чугуна перед конвертерной плавкой с различными технологическими параметрами.

Применение предлагаемого способа позволяет достичь сверхнизких значений содержания серы в чугуне.

При этом выход низкосернистого чугуна повышается на 95% Экономический эффект подсчитан в сравнении с базовым объектом, за который принят способ десульфурации чугуна перед конвертерной плавкой, применяемый на Новолипецком металлургическом комбинате.

СПОСОБ ДЕСУЛЬФУРАЦИИ ЧУГУНА ПЕРЕД КОНВЕРТЕРНОЙ ПЛАВКОЙ, включающий заливку чугуна в заливочный ковш конвертера, подачу в ковш магния и заливку чугуна в конвертер, отличающийся тем, что магний подают в ковш с расходом 0,3-1,0 кг/т чугуна в виде наполнителя проволоки со стальной оболочкой, а перед заливкой чугуна в конвертер его сначала продувают нейтральным газом с расходом 0,10-0,14 м3/т чугуна через погружную фурму в течение 0,5-4,0 мин, а затем осуществляют скачивание шлака и выдержку чугуна в ковше не менее двух минут.

# Библиографический список

1. А.И. Ваганов, И.Е. Прохоров. Расчет доменной шихты упрощенным методом: Методические указания к практическим занятиям по дисциплинам "Основы производства и обработки металлов", "Экстракция черных металлов из природного и техногенного сырья" для студентов дневной и заочной форм обучения. Магнитогорск: ГОУ ВПО "МГТУ им.Г.И. Носова", 2005.17с.
2. Е.Ф. Вегман, Б.Н. Жеребин, А.Н. Похвиснев, Ю.С. Юсфин, И.Ф. Курунов, А.Е. Пареньков, П.И. Черноусов. Металлургия чугуна: Учебник для вузов.3-е изд., перераб. и доп. /Под редакцией Ю.С. Юсфина-М.: ИКЦ "Академкнига", 2004. - 774с.
3. Воскобойников В.Г., Кудрин В.А., Якушев А.М. Общая металлургия: Учебник для вузов.6-е изд., перераб. и доп. - М.: ИКЦ "Академкнига", 2002. - 768с.