Задание на курсовое проектирование.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

150101.2009.1754.00.00 ПЗ

1. Рассчитать материальный и тепловой баланс плавки в кислородном конвертере, количество необходимых раскислителей и легирующих.
2. Произвести расчет геометрических размеров кислородного конвертера.
3. Построить график изменения химического состава металла и шлака по ходу продувки.
4. Разработать технологию кислородно-конвертерной плавки данной марки стали.
5. Выполнить специальную часть проекта.
6. Выполнить графическую часть проекта.

Таблица 1 – Исходные данные.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Садка, тонн | Марка стали | Содержание в завалке | | Основность шлака |
| Чугун, % | Скрап, % |
| 7 | 95 | 35Г | 95 | 5 | 3,2 |

Специальная часть проекта № 7. Истечение кислорода из сопла фурмы.

Аннотация

|  |  |
| --- | --- |
|  | Закирьянова Т. Кислородно – конвертерная плавка с использованием скрапа.. – Златоуст: филиал ЮУрГУ, КОМ; 2009, 30 с. 4 илл. Библиографический список – 12 наименований. 1 лист чертежа формата А1, спецификация |

В работе представлены следующие расчёты: расчет материального и теплового балансов кислородно-конверторной плавки с использованием скрапа, расчёт раскисления, расчет геометрических характеристик кислородного конвертера, построен график изменения химического состава стали и шлака по ходу продувки. Рассмотрена технология кислородно-конверторной плавки стали марки 35Г.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

2

150101.2009.1754.00.00 ПЗ

Разраб.

*Закирьянова*

Провер.

Осминин

Реценз.

Н. Контр.

Утверд.

*Пояснительная записка*

Лит.

Листов

30

Филиал ГОУ ВПО ЮУрГу в г.Златоусте КОМ

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

3

150101.2009.1754.00.00 ПЗ

Оглавление

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Введение | 4 |
| 1 | Химический состав и назначение стали 35Г | 5 |
| 2 | Расчет материального и теплового балансов кислородно-конвертерной плавки с использованием скрапа |  |
|  | 2.1 Материальный баланс до раскисления | 7 |
|  | 2.2 Расчёт раскисления | 12 |
|  | 2.3 Материальный баланс после раскисления | 16 |
|  | 2.4 Тепловой баланс плавки | 17 |
| 3 | Расчет геометрических характеристик кислородного конвертера | 19 |
| 4 | График изменения химического состава стали и шлака по ходу продувки. | 21 |
| 5 | Технология кислородно – конвертерной плавки стали марки 35Г | 23 |
| 6 | Истечение кислорода из сопла фурмы | 25 |
|  | Заключение | 28 |
|  | Библиографический список | 29 |
|  | Приложение |  |
|  | 1 лист формата А1 |  |

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

4

150101.2009.1754.00.00 ПЗ

Введение.

В современных процессах производства стали конвертерному переделу уделено большое внимание, и объем стали, выплавляемой этим способом, непрерывно увеличивается. Если раньше конвертерную сталь считали худшей по качеству из-за присутствия в ней газов, то в последние годы качество конвертерной стали, улучшено применением для продувки технически чистого кислорода или обогащенного кислородом дутья, а также парокислородной смеси.

В основу конвертерных процессов положена обработка жидкого чугуна газообразными окислителями; при этом дополнительный подвод тепла извне не производится, и процесс выплавки осуществляется только химическим теплом экзотермических реакций окисления примесей и физическим теплом, вносимым жидким чугуном. Подвод газа-окислителя производится с высокой интенсивностью, позволяющей получить огромную реакционную поверхность; в результате все конвертерные процессы характеризуются высокой скоростью реакций окисления примесей и, следовательно, высокой производительностью.

В данном курсовом проекте рассматривается вариант кислородно-конвертерной плавки при продувке металла сверху, когда избыток тепла от операции используется для переработки значительного количества лома. Выбранный вариант имеет существенное преимущество перед вариантом парокислородной конвертерной плавки, где избыток тепла расходовался на диссоциацию водяного пара.

Преимущества кислородно-конвертерного процесса по сравнению с мартеновским заключается в меньших капитальных затратах на постройку цеха одинаковой мощности, в высокой производительности агрегатов, меньших расходах по переделу и, следовательно, более низкой себестоимости стали и высокой производительности труда. Этим процессом можно получить сталь высокого качества, не уступающей мартеновской [1].

1 Химический состав и назначение стали 35Г

Сталь марки 35Г относится к конструкционным легированным, химический состав стали приведен в таблице 2.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

5

150101.2009.1754.00.00 ПЗ

Таблица 2 – Химический состав стали 35Г по ГОСТ 4543-71 [5].

В процентах

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| 0,32 – 0,40 | 0,17 – 0,37 | 0,70 – 1,0 | до   0,30 | до   0,035 | до   0,035 | до   0,30 | до   0,30 |

Конструкционными называют стали, применяемые для изготовления деталей машин и механизмов, конструкции и сооружений. Эти стали могут быть как углеродистыми, так и легированными. Содержание углерода в сталях этой группы не превышает 0,5 – 0,6 %.

Конструкционные стали, кроме комплекса высоких механических свойств (, , , , KCU, НВ), определяемых при стандартных испытаниях, характеризующих свойства материала, должны иметь и высокую конструктивную прочность, т.е. прочность, которая находится в наибольшем соответствии со служебными свойствами данного изделия. Долговечность изделия определяется сопротивлением усталости, коррозии и износу.

Конструкционная сталь должна обладать и хорошими технологическими свойствами – легко обрабатываться давлением (прокатка, ковка, штамповка) и резанием, хорошо свариваться, максимально прокаливаться и иметь малую склонность к деформации и трещинообразованию при закалке и др.

Легированные конструкционные стали применяются для наиболее ответственных и тяжелонагруженных деталей машин. Практически всегда эти детали подвергаются окончательной термической обработке – закалке с последующим высоким отпуском в районе 550...680С (улучшение), что обеспечивает наиболее высокую конструктивную прочность, т. е. высокую прочность в сочетании с высокой пластичностью, вязкостью и малой склонностью к хрупким разрушениям. Ведущая роль легирующих элементов в этих сталях заключается в существенном повышении их прокаливаемости.

Легированным конструкционным сталям свойственна повышенная анизотропия свойств, т. е. различие свойств в зависимости от направления деформации при ковке или прокатке. Уменьшение анизотропии свойств достигается металлургическими способами (уменьшение в стали сульфидов и других неметаллических включений, изменение условий горячей пластической деформации и другие). Эти стали чувствительны также к образованию флокенов, что требует проведения после ковки специальной термической обработки.

Марганцовистые стали имеют большую прокаливаемость, однако марганец усиливает склонность к росту зерна, поэтому они чувствительны к перегреву и могут иметь пониженную ударную вязкость, особенно при отрицательных температурах.

Применение стали 35Г – детали невысокой прочности, испытывающие небольшие напряжения: тяги, оси, серьги, траверсы, рычаги, муфты, валы, звездочки, цилиндры, диски, шпиндели, соединительные муфты паровых турбин, болты, гайки, винты.

Заменители: Ст35, Ст30, 40.

Механические и технологические свойства приведены в таблицах 2 и 3 [2].

Таблица 3 – Механические свойства при Т=20oС материала 35Г.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

6

150101.2009.1754.00.00 ПЗ

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Калиброванный пруток ГОСТ 4543-71. Сортамент | Диаметр,мм | Предел кратковременной прочности, МПа | Предел текучести для остаточной деформации  МПа | Относительное удлинение при разрыве,% | Относительное сужение, % | Ударная вязкость KCU,  кДж / м2 | Термообработка |
| Пруток | 25 | 570 | 340 | 18 | 45 | 700 | Закалка 860oC, вода, Отпуск 600oC, воздух, |

Твердость материала   35Г   после отжига – HB 10 -1 = 207   МПа.

### Таблица 4 – Технологические свойства

|  |  |
| --- | --- |
| Свойство | Характеристика |
| Температура ковки | начала 1250Сº, конца 800Сº |
| Склонность к отпускной способности | малосклонна |
| Флокеночувствительность | низкая |
| Свариваемость | ограниченно свариваемая |

Вид поставки: сортовой прокат, в том числе фасонный: калиброванный пруток ГОСТ 4543-71, шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 4543-71, поковки и кованые заготовки ГОСТ 8479-70 [6].

2 Расчет материального и теплового балансов кислородно-конвертерной плавки с использованием скрапа

2.1 Материальный баланс до раскисления

Состав применяемого чугуна (ГОСТ 805-95) [7], скрапа (ГОСТ 2787-75) [8] и конечной стали (ГОСТ 4543-71) перед раскислением приведен в таблице 5.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

7

150101.2009.1754.00.00 ПЗ

Таблица 5 – Состав чугуна, скрапа и конечной стали

В процентах

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |
| Чугун | 4,00 | 0,50 | 1,00 | 0,20 | 0,05 |
| Скрап | 0,60 | 0,10 | 0,50 | 0,04 | 0,04 |
| Сталь до раскисления | 0,32 | – | 0,20 | 0,03 | 0,03 |

Состав извести (ТУ У 26.5-0093714-042-2001 [10]; ИС-1, 2 сорт), бокситов

(ТУ 48- 5-240-00) [11] и футеровки (ГОСТ 28874-90)[9] (таблица 6).

Таблица 6 – Состав извести, бокситов и футеровки

В процентах

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Известь | 1 | 88 | 2 | 2 | - | 2 | 5 |
| Боксит | 20 | 4 | - | 52 | 18 | 6 | - |
| Периклазо-  известковый  кирпич | 5 | 10 | 80 | 2 | 3 | - | - |

Расход футеровки принимается равным 0,3 % от массы садки.

Технический кислород содержит 99,5 %  и 0,5 % .

Определяем средний состав шихты при условии переработки 5 % скрапа и 95 % чугуна (таблица 7):

Таблица 7 – Средний состав шихты

В процентах

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |
| Чугун вносит | 3,800 | 0,475 | 0,950 | 0,190 | 0,0475 |
| Скрап вносит | 0,030 | 0,005 | 0,025 | 0,002 | 0,0020 |
| Средний состав | 3,830 | 0,480 | 0,975 | 0,192 | 0,0495 |
| Сталь до раскисления | 0,320 | – | 0,200 | 0,030 | 0,0300 |

Удаляется примесей из ванны на 100 кг металла:

В килограммах

|  |  |
| --- | --- |
| ……………………………………………………....... | 3,83 – 0,32·0,9=3,5420 |
| ……………………………………………………….. | 0,480 |
| ………………………………………..……………..  Изм.  Лист  № докум.  Подпись  Дата  Лист  8  150101.2009.1754.00.00 ПЗ | 0,975 – 0,20·0,9=0,7950 |
| …………………………………………..…………….. | 0,192 – 0,03·0,9=0,1650 |
| ……………………………………………………….. | 0,0495–0,03·0,9=0,0225 |
| ( в дым)………………………………..……………. | 1,5000 |
| Угар примесей ………………………………………… | 6,5045 |

где 0,9 – выход стали.

Принимаем, что при продувке ванны кислородом 10 % серы выгорает до , то есть окисляется 0,002 кг серы.

Расход кислорода на окисление примесей составит при окислении 10 % углерода до  и 90 % до :

Таблица 8 – Определение расхода кислорода и массы окислов

В килограммах

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Расход кислорода | | Масса окислов | |
| → | 0,354·32 / 12=0,1327 |  | 0,354+0,1327=0,4867 |
| → | 3,187·16 / 12=4,2493 |  | 3,187+4,2493=7,4363 |
| → | 0,480·32 / 28=0,5485 |  | 0,480+0,5485=1,0285 |
| → | 0,795·16 / 55=0,2312 |  | 0,795+0,2312=1,0262 |
| → | 0,165·80 / 62=0,2129 |  | 0,165+0,2129=0,3779 |
| → | 0,002·32 / 32=0,0020 |  | 0,002+0,0020=0,0040 |
| →  (в дым) | 1,500·48/ 112=0,6428 |  | 1,500+0,6428=2,1428 |
|  | 6,0190 |  | 12,5020 |

В шлак переходит 0,020 – 0,002 = 0,018 кг серы. При переходе серы в шлак освобождается кислорода 0,009 кг, поэтому расход кислорода составит:

6,019– 0,009 = 6,010 (кг). (1)

Расход извести определяем по балансу  и  в шлаке для получения основности 3,2. Для формирования шлака принимаем расход боксита 0,6 кг. Расход извести обозначим y кг.

Количество  в конечном шлаке, поступающее из материалов:

В килограммах

|  |  |
| --- | --- |
| Футеровка ……………………………….............................  Боксит ……………………………………………………...  Известь ……………………………………………………. | 0,300 ⋅ 0,100 = 0,030  0,600 ⋅ 0,040 = 0,024  0,880 ⋅ у |

0,054 + 0,880 ⋅ у

Количество  в конечном шлаке, поступающее из материалов:

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

9

150101.2009.1754.00.00 ПЗ

В килограммах

|  |  |
| --- | --- |
| Металлическая шихта…………………………...  Футеровка………………………………………...  Боксит…………………………………………….  Известь………………………………………….... | 1,0285  0,300 ⋅ 0,050 = 0,015  0,600 ⋅ 0,200 = 0,120  0,010 ⋅ у |
|  | 1,058 + 0,010 ⋅ у |

Вместо  и  подставляем их значения и определяем расход извести:

(0,054 + 0,880 · у) / (1,058 + 0,010 · у) = 3,200 (2)

откуда у = 3,275 кг.

Таблица 9 – Составляющие шлака

В килограммах

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Источники |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Металлическая  шихта | 1,028 | – | – | – | 0,020 | 1,026 | 0,377 | – | – | – |
| Футеровка | 0,015 | 0,030 | 0,240 | 0,006 | – | – | – | 0,009 | – | – |
| Боксит | 0,120 | 0,024 | – | 0,312 | – | – | – | 0,108 | 0,036 | – |
| Известь | 0,033 | 2,947 | 0,067 | 0,067 | – | – | – | – | 0,067 | 0,167 |
| Итого | 1,196 | 2,551 | 0,307 | 0,385 | 0,020 | 1,026 | 0,377 | 0,117 | 0,103 | 0,167 |

Допускаем в первом приближении, что содержание окислов железа в шлаке при продувке металла кислородом сверху будет таким же, как и в мартеновском шлаке: 13 % , 4 % . Тогда масса окислов шлака без  и , будет составлять 83 %, а масса шлака без окислов железа равна 6,132 кг.

Масса шлака:

L ш. = 6,132 : 0,83 = 7,387 (кг). (3)

#### Масса окислов железа составит:

7,387 – 6,136 = 1,251 (кг), (4)

в том числе 0,960 кг  и 0,291 кг .

Состав шлака приведен в таблице 10.

Таблица 10 – Состав шлака

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Сумма |
| кг | 1,196 | 2,551 | 0,307 | 0,385 | 0,020 | 1,026 | 0,377 | 0,291 | 0,103 | 7,387 |
| % | 16,19 | 34,51 | 4,2 | 5,2 | 0,271 | 13,9 | 5,1 | 3,93 | 1,4 | 100 |

Окисляется железа:

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

10

150101.2009.1754.00.00 ПЗ

В килограммах

|  |  |
| --- | --- |
| До ……………………………………… | 0,291 – 0,117=0,174 |
| До  ……………………………………… | 0,960 |

Поступит железа из металла в шлак:

0,960 · 56 : 72 + 0,174 · 112 : 160 = 0,747 + 0,123 = 0,870 (кг). (5)

Выход стали равен:

100 – 6,505 – 0,500 – 1,000 – 0,870 = 91,125 (кг), (6)

где 6,505 – угар примесей;

0,870 – угар железа на образование окислов железа в шлаке;

0,5 – запутывание металла в шлаке в виде корольков;

1,0 – потери с выбросами.

Потребуется кислорода на окисление железа

(0,960 – 0,747) + (0,174 – 0,123) = 0,213 + 0,051 = 0,264 (кг). (7)

##### Всего потребуется кислорода на окисление примесей:

6,019 + 0,264 = 6,283 (кг). (8)

##### Потребуется кислорода при 95 % – ном усвоении

(м³) на 100 кг металла. (9)

##### На одну тонну садки расход технического кислорода равен 48,320 м³/т. Количество азота:

4,832 · 0,005 = 0,024 (м³) или 0,030 (кг). (10)

##### Количество неусвоенного кислорода:

##### (4,832 – 0,024) · 0,05 = 0,240 (м³) или 0,343 (кг). (11)

##### Масса технического кислорода равна:

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

11

150101.2009.1754.00.00 ПЗ

##### 

6,284 + 0,343 + 0,030 = 6,657 (кг) (12)

Таблица 11 – Количество и состав получающихся газов.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Составляющие | кг | м³ | % |
|  | 0,167 + 0,4867= 0,6537 | 0,332 | 7,628 |
|  | 7,4363 | 5,940 | 86,771 |
|  | 0,036 + 0,067 = 0,103 | 0,128 | 1,202 |
|  | 0,343 | 0,240 | 4,002 |
|  | 0,030 | 0,024 | 0,35 |
|  | 0,004 | 0,001 | 0,047 |
|  | Итого….. 8,570 | 6,665 | 100 |

Таблица 12 – Материальный баланс плавки.

В килограммах

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Поступило | | Получено | |
| Чугуна | 95 | Стали | 91,125 |
| Скрапа | 5 | Корольков | 0,500 |
| Боксита | 0,600 | Выбросов | 1,000 |
| Извести | 3,275 | Шлака | 7,387 |
| Футеровки | 0,300 | Газов | 8,570 |
| Технического кислорода | 6,283 | (в дым) | 2,142 |
| Итого | 110,473 | Итого | 110,722 |
|  |  | Невязка | 0,248 |

2.2 Расчёт раскисления стали.

Таблица 13 – Состав стали перед раскислением

В килограммах

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Сталь |  |  |  |  |
| 35Г | 0,320 | 0,200 | 0,030 | 0,030 |

Раскисление стали проводим ферромарганцем, ферросилицием и алюминием.

Состав раскислителей и легирующих присадок приведен в таблице 14.

Таблица 14 – Состав раскислителей и легирующих присадок

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

12

150101.2009.1754.00.00 ПЗ

В процентах

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Материал |  |  |  |  |  |  |  |
| Ферромарганец  ФМн75 ГОСТ 4755-80 | 6,50 | 1,50 | 71,50 | 0,35 | 0,04 | – | 20,11 |
| Ферросилиций ФС45  ГОСТ 1415-78 | 0,18 | 45,40 | 0,40 | 0,08 | 0,05 | – | 53,89 |
| Алюминий | – | – | – | – | – | 99,00 | 1,00 |

Общий угар марганца при раскислении примем 25 %, угар углерода ферромарганца 30 %, кремния 100 %.

Расход раскислителя на 100 кг металлической шихты, в килограммах:

P =, (13)



где a – требующееся для ввода в металл количество элемента, равное среднему содержанию его в стали данной марки минус остаточное содержание в ванне перед раскислением;

b – содержание элемента в 1 кг раскислителя, кг;

с – коэффициент усвоения элемента в металле. Получается путем вычитания из единицы доли угара.

Расход ферромарганца на 100 кг шихты:

a = 0,85 – 0,2 = 0,65 (14)

b = 0,715 (15)

с = 1 – 0,25 = 0,75 (16)

Р = 0,65 / (0,715 ⋅ 0,75) = 1,21(кг) (13)

Это количество ферромарганца содержит:

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

13

150101.2009.1754.00.00 ПЗ

В килограммах

|  |  |
| --- | --- |
| …………………………………………………………… | 1,21·0,0650=0,079000 |
| …………………………………………………………. | 1,21·0,7150=0,865000 |
| …………………………………………………………… | 1,21·0,0150=0,018000 |
| ……………………………………………………………. | 1,21·0,0035=0,004325 |
| ……………………………………………………………. | 1,21·0,0004=0,000484 |
| …………………………………....................................... | 1,21·0,2011=0,243000 |
| Всего | 1,210000 |

Выгорает:

В килограммах

|  |  |
| --- | --- |
| ………………………………………………………… | 0,079·0,30=0,024 |
| ……………………………………………………… | 0,865·0,25=0,216 |
| ……………………………………………………….. | 0,018 |
| Всего | 0,258 |

Переходит в сталь:

В килограммах

|  |  |
| --- | --- |
| ………………………………………………………….. | 0,079 – 0,024 = 0,055 |
| ………………………………………………………… | 0,865 – 0,216 = 0,649 |
| ………………………………………………………….. | 0,004325 |
| ………………………………………………………….. | 0,000484 |
| …………………………………………………………. | 0,243 |
| Всего | 0,952 |

Требуется кислорода на окисление примесей:

В килограммах

|  |  |
| --- | --- |
| → ………………………………………………….. | 0,024·16/12=0,032 |
| → ……………………………………………….. | 0,216·16/55=0,0628 |
| → …………………………………………………. | 0,018·32/28=0,0205 |
| Всего | 0,1153 |

Получится окислов:

В килограммах

|  |  |
| --- | --- |
| ……………………………………………………....... | 0,024+0,032=0,056 |
| ………………………………………………………... | 0,216+0,0628=0,2788 |
| ………………………………………………………. | 0,018+0,0205=0,0385 |
| Всего | 0,3733 |

При угаре кремния 20 % расход 45 %-ного ферросилиция составит:

a = 0,27 (14)

b = 0,454 (15)

с = 1 – 0,20 = 0,80 (16)

P = 0,27/ (0,454 · 0,8) = 0,743 (кг). (13)

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

14

150101.2009.1754.00.00 ПЗ

Это количество ферросилиция содержит:

В килограммах

|  |  |
| --- | --- |
| ………………………………………………………. | 0,743 · 0,0018 = 0,0013 |
| …………………………………………………….. | 0,743 · 0,4540 = 0,3373 |
| ……………………………………………………… | 0,743 · 0,0040 = 0,0029 |
| ………………………………………………………. | 0,743 · 0,0008 = 0,0006 |
| ………………………………………………………. | 0,743 · 0,0005 = 0,0004 |
| …………………………………................................ | 0,743 · 0,5389 = 0,4004 |
| Всего | 0,7430 |

Выгорает:

0,3373 · 0,20 = 0,0675(кг). (17)

Потребуется кислорода:

 →  ……………………………….. 0,0675 · 32 : 28 = 0,0771(кг). (18)

Образуется :

0,0675 + 0,0771 = 0,1446(кг). (19)

Для раскисления примем алюминий в количестве 0,040 кг на 100 кг металлической шихты, т. е. 0,40 кг / т.

Принимаем, что весь алюминий выгорит. Для этого потребуется кислорода:

0,04 · 48 : 54 = 0,036 (кг). (20)

Образуется :

0,04 + 0,036 = 0,076 (кг). (21)

##### Всего потребуется кислорода:

0,1153 + 0,0771 + 0,0360 = 0,2284 (кг). (22)

Содержалось кислорода до раскисления

(23)



или

0,018 · 0,91125 = 0,0164 (кг). (24)

Поступит кислорода из атмосферы:

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

15

150101.2009.1754.00.00 ПЗ

0,232 – 0,0164 = 0,2156(кг). (25)

Количество раскислителей и легирующих присадок составит:

1,21 + 0,743 + 0,040 = 1,993(кг). (26)

Количество выгоревших примесей:

0,258+ 0,0675 + 0,0400 = 0,3655(кг). (27)

Переходит в сталь:

1,993– 0,3655 = 1,6275(кг). (28)

Образуется окислов:

0,3733+ 0,1446 + 0,0760 = 0,5939(кг). (30)

Выход стали после раскисления:

91,125 + 1,6275 – 0,0160 = 92,7365(кг). (31)

2.3 Материальный баланс плавки после раскисления.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

16

150101.2009.1754.00.00 ПЗ

Данные представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Материальный баланс плавки после раскисления.

В килограммах

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Поступило | | Получено | |
| Стали до раскисления | 91,125 | Стали | 92,7365 |
| Ферромарганца | 1,210 | Окислов | 0,5939 |
| Ферросилиций 45 % - ный | 0,743 |  |  |
| Алюминий | 0,040 |  |  |
| Кислорода из атмосферы | 0,2156 |  |  |
| Итого | 93,334 | Итого | 93,330 |
|  |  | Невязка | 0,004 |

Количество стали перед раскислением с учетом растворенного кислорода:

91,125 – 0,016 = 91,109(кг). (32)

##### Таблица 16 – Определение массы и состава стали.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Источники |  |  |  |  |  |  |  |
| Сталь перед раскислением | 0,3200 | — | 0,2000 | 0,0300 | 0,0300 | 91,1090 | 91,6890 |
| Ферромарганец | 0,0550 | — | 0,6490 | 0,000484 | 0,004325 | 0,2011 | 0,9060 |
| Ферросилиций45 % – ный | 0,0013 | 0,2700 | 0,0029 | 0,0004 | 0,0006 | 0,5389 | 0,8590 |
| Алюминий | — | — | — | — | — | 1,0000 | 1,0000 |
| Всего:  в килограммах  в процентах |  |  |  |  |  |  |  |
| 0,3763 | 0,2700 | 0,8519 | 0,0308 | 0,0304 | 92,8490 | 94,4540 |
| 0,3983 | 0,2858 | 0,9019 | 0,0326 | 0,0321 | 0,9830 | 100 |

Сталь полученного состава соответствует требованиям ГОСТ 4543 – 71.

2.4 Тепловой баланс плавки

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

17

150101.2009.1754.00.00 ПЗ

2.4.1 Приход тепла.

Физическое тепло чугуна:

 = [0,178 · 1200 + 52 + 0,2 · (1300 – 1200)] · 85 = 24276 ккал (101,571МДж). (33)

Тепло экзотермических реакций:

В килокалориях

|  |  |
| --- | --- |
| → | 8137·0,354=2880,5000 |
| → | 2498·3,187=7961,1260 |
| → | 7423·0,48=3563,0400 |
| → | 1758·0,795=1697,6100 |
| → | 5968·0,165=984,7200 |
| → | 2216·0,002=4,4320 |
| → | 1758·0,123=216,2340 |
| → | 1150·0,747 = 859 |
| →  (в дым) | 1758·1,500=2,6370 |
| Всего | =18170 (76,13 МДж) |

Тепло от шлакообразования:

554 · 0,480 · 60 : 28 = 569 (34)

1132 · 0,165 · 142 : 62 = 487 (35)

 = 1056 ккал. (4,4250 МДж.) (36)

В данном расчёте энтальпия холодных материалов не учитывается.

Приход тепла равен:

 =  +  + 

= 24276 + 18170 + 1056 = 43502 ккал. (182,273 МДж.) (37)

2.4.2 Расход тепла.

Физическое тепло стали:

 = [0,167 · 1500 + 65 + 0,2 · (1630 – 1500)] · (91,125 + 0,5 + 1) = 31674 ккал. (132,714 МДж.)(38)

Физическое тепло шлака:

 = (0,298 · 1630 + 50) · 7,3870 = 3957,511 ккал. (16,582 МДж.). (39)

Потери тепла принимаем 5 % от прихода:

 = 0,05 · 43502 = 2175,100 ккал. (9,113 МДж.). (40)

Частицы  выносят тепла:

 = (0,294 · 1450 + 50 ) · 2,1420 = 1020,2350 ккал. (4,274 МДж.). (41)

Газы уносят тепла при средней температуре 1450º С:

В килокалориях

|  |  |
| --- | --- |
| ………………………………….  Изм.  Лист  № докум.  Подпись  Дата  Лист  18  150101.2009.1754.00.00 ПЗ | 814 · 0,332= 270,248 |
| …………………………………… | 506 · 5,940=3005,640 |
| …………………………………. | 632 · 0,128= 80,896 |
| ……………………………………. | 528 · 0,24 = 126 |
| …………………………………... | 499 · 0,024 = 12 |
| ………………………………….. | 814 · 0,001 = 1 |
|  | = 3496,16 ккал. (14,648 МДж.). |

Расход тепла равен:

 =  + ++  + 

= 31674 + 3957,5110 + 2175,100 + 1020,2350 + 3496,1600 =

= 42323 ккал. (177,333 МДж.). (42)

##### Избыток тепла равен:

 = 43502 – 42323 = 1179 ккал. (4,94 МДж.). (43)

Таблица 17 – Тепловой баланс.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Приход тепла | | | | Расход тепла | | | |
|  | Ккал | МДж | % |  | Ккал | МДж | % |
| Физическое тепло чугуна | 24276 | 101,571 | 55,804 | Физическое  тепло стали | 31674 | 132,714 | 74,839 |
| Тепло экзотермических реакций | 18170 | 76,13 | 41,768 | Физическое  тепло шлака | 3957,511 | 16,582 | 9,351 |
| Тепло шлакообразования | 1056 | 4,425 | 2,427 | Газы уносят  тепла | 2175,1 | 9,113 | 5,139 |
|  |  |  |  | Потери  тепла | 1020,235 | 4,274 | 2,411 |
|  |  |  |  | Частицы  уносят | 3496,16 | 14,648 | 8,261 |
|  |  |  |  | Избыток тепла | 1179 | 4,94 | 2,786 |
| Итого | 43502 |  | 100 | Итого | 43502 | 177,333 | 100 |

##### 

3 Расчёт основных геометрических размеров кислородного конвертера.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

19

150101.2009.1754.00.00 ПЗ

Принимаем: внутренний диаметр конвертера  = 4,1 м; отношение высоты конвертера к его внутреннему диаметру / = 1,3; угол наклона горловины 60º.

Определяем высоту рабочего пространства:

= 1,55 · = 1,3 · 4,1 = 5,330 (м). (44)

Определяем диаметр горловины:

= 0,52 · = 0,52 · 4,1 = 2,132 (м). (45)

Высота горловины при угле её наклона α = 60º:

= 0,5 · ( – ) · tg 60º= 0,5 · tg 60 · (4,000 – 2,132) = 1,617 (м). (46)

Определяем объём жидкого металла:

= 12,055 (м³). (47)

Металл в спокойном состоянии помещается в шаровом сегменте и в цилиндрической части конвертера:

 (48)

Объём шарового сегмента определяем по формуле:

  1,888 (м³). (49)

где = 0,27 – принимаемая глубина шарового сегмента, м.

Объём цилиндрической части конвертера, занятой металлом:

 = 3,14 · (2,1)² ·  = 13,874 ·  (50)

Определяем высоту металла, расположенного в цилиндрической части конвертера:

12,055 = 1,888 + 13,874 ·  (51)

откуда = 0,733 (м).

Общая глубина металлической ванны равна:

= 0,733 + 0,27 = 1,003(м). (52)

Если принять количество шлака 10 % и его плотность 3000 кг/м³, то слой шлака будет:

 (м). (53)

Общая глубина ванны в спокойном состоянии составит:

 = 1,003 + 0,241 = 1,244 (м). (54)

Высота цилиндрической части конвертера равна:

= 5,330 – 1,617 – 0,270 = 3,443 (м). (55)

Полный объём рабочего пространства равен:

. (56)

Объём горловины представляет собой фигуру усеченного конуса, определяемого по формуле:

=

= 1/3 · 3,141 · 1,617· ((2,100)² + 2,100 · 1,066 + (1,066)²) = 13,182 (м³). (57)

Объём цилиндрической части конвертера равен:

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

20

150101.2009.1754.00.00 ПЗ

 = 3,141 · (2,100)² · 3,443 = 47,676 (м³). (58)

Объём шарового сегмента определен выше и равен 1,888 (м³).

Объём рабочего пространства равен:

= 47,676 + 13,182 + 1,888 = 62,746 (м³). (59)

Удельный объём рабочего пространства конвертера получится:

=62,746: 95 = 0,660 (м³/т), (60)

что совпадает с удельным объёмом существующих конвертеров данной садки.

Расстояние от уровня спокойной ванны до среза горловины:

H = 5,330 – 1,244 = 4,086 (м). (61)

4 График изменения химического состава стали и шлака по ходу продувки.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

21

150101.2009.1754.00.00 ПЗ

Рассчитаем продолжительность периода продувки.

Общий расход кислорода на плавку 95 тонн составит:

 (м3). (62)

где 48,32 – удельный расход кислорода на 1 тонну садки, м3/т;

Примем интенсивность продувки , минутный расход технического кислорода:

(). (62)

Определим продолжительность периода продувки:

(мин). (63)

График изменения химического состава металла и его температуры по ходу продувки изображен на рисунке 1, а график изменения химического состава шлака по ходу плавки в кислородном конвертере изображен на рисунке 2 [1].

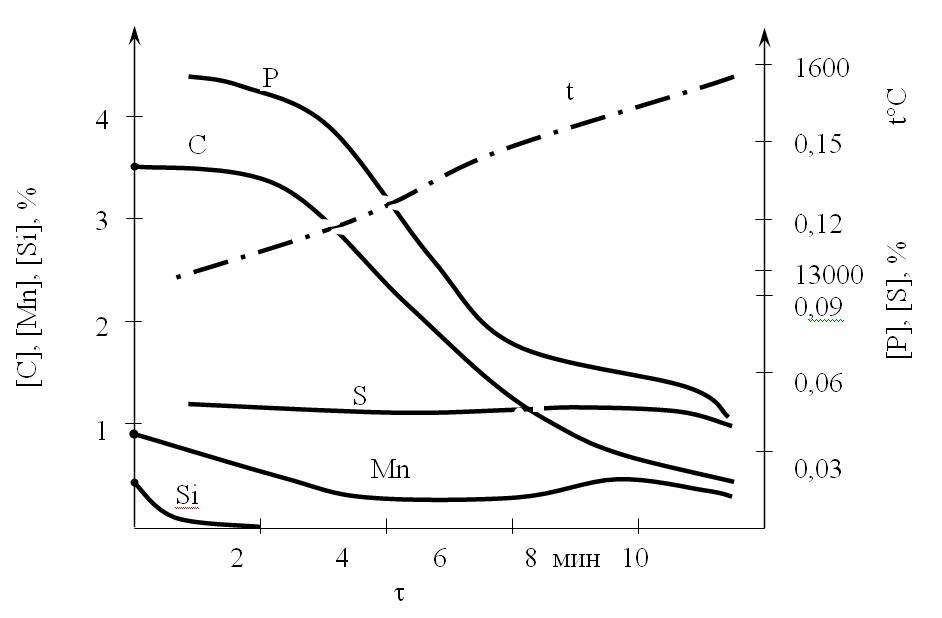


Рисунок 1 – Изменение химического состава металла и его температуры по ходу продувки

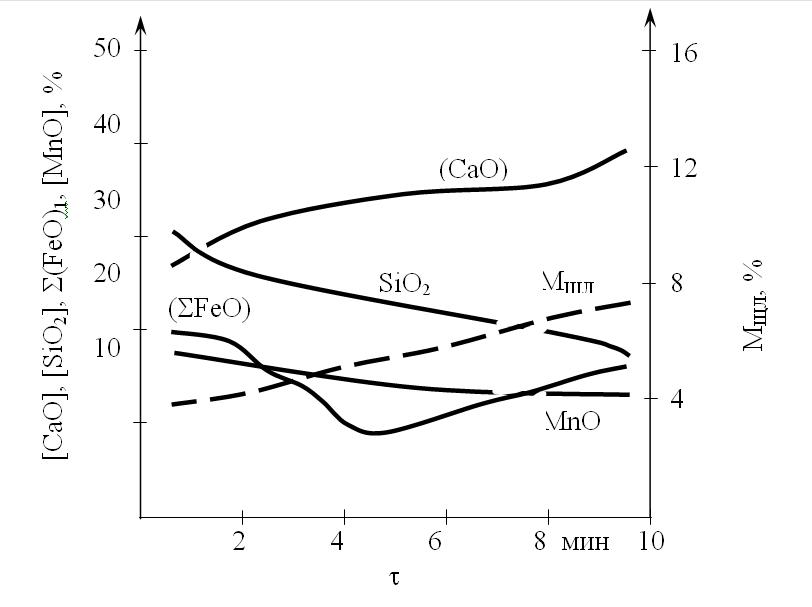


Рисунок 2 – Изменение химического состава шлака по ходу продувки в кислородном конвертере

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

22

150101.2009.1754.00.00 ПЗ

5 Технология кислородно-конвертерной плавки стали марки 35Г

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

23

150101.2009.1754.00.00 ПЗ

5.1 Общие положения

5.1.1 Футеровка конвертера после выпуска предыдущей плавки должна быть осмотрена мастером по плавкам и контрольным мастером ОТК и определена пригодность конвертера для плавки.

5.1.2 В случае неисправности футеровки конвертера произвести ремонт.

5.1.3 Перед началом плавки проверить действие всех механизмов конвертера.

5.2 Требования к шихте

5.2.1 Боксит, известь и добавочные материалы должны быть измельчены до фракции 10 … 30 мм.

5.2.2 Чугун, заливаемый в конвертер должен содержать не более 0,50% кремния и до 1,00% марганца, фосфора не более 0,020% , серы не более 0,05%. Температура чугуна, заливаемого в конвертер должна быть не ниже 1320ºС.

5.2.3 Скрап, загружаемый в конвертер, должен содержать: серы не более 0,04%, фосфора не более 0,04%. Размеры кусков лома во избежание повреждения футеровки конвертера должны быть не более 300 × 300 × 1000 мм.

5.3 Загрузка шихтовых материалов

5.3.1 Температура футеровки конвертера перед загрузкой должна быть не ниже 1000º С.

5.3.2 Для загрузки металлического лома конвертер наклоняют на определенный угол в сторону загрузочного пролёта.

5.3.3 В первую очередь в конвертер загружают мелкий легковесный лом, а

затем тяжёлый во избежание повреждения футеровки.

5.3.4 Для равномерного распределения лома в рабочем пространстве конвертер поднимают и наклоняют на некоторый угол в противоположную сторону.

5.3.5 Для заливки чугуна конвертер снова наклоняют в сторону загрузочного пролёта.

5.3.6 Заливка чугуна производится с максимально возможной скоростью одним ковшом.

5.3.7 После подъема конвертера в вертикальное положение фурму опускают, включают кислород и начинают продувку.

5.4 Продувка

5.4.1 Продувку осуществлять сверху через четырехсопловую водоохлаждаемую фурму с центральным подводом воды для охлаждения.

5.4.2 Давление кислорода перед соплами должно быть равным 1,0…1,3 МПа для чего в цеховом кислородопроводе давление кислорода должно быть не менее 1,5...1,8 МПа.

5.4.3 Интенсивность продувки должна быть 5 м³/т · мин.

5.4.4 Положение фурмы по ходу продувки относительно уровня спокойного металла должно обеспечивать нормальный ход шлакообразования, окисления примесей, нагрева ванны и исключать выносы и выбросы металла и шлака. В начальный период продувки расстояние среза фурмы от зеркала спокойного металла должно быть более высоким. Затем фурму опускают в рабочее положение. Высота рабочего положения фурмы над уровнем спокойного металла составляет 0,8...1,5м.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

24

150101.2009.1754.00.00 ПЗ

5.4.5 По ходу продувки производится присадка шлакообразующих материалов. Первую порцию извести (30...60% от общего расхода на плавку) присаживают во время завалки или в начале продувки; остальную часть шлакообразующих отдельными порциями присаживают в первой половине продувки.

5.4.6 Для корректировки жидкоподвижности шлака по ходу продувки применяют плавиковый шпат, который присаживают в середине продувки в начале периода интенсивного обезуглероживания.

5.4.7 Продувку заканчивают по достижении необходимого содержания углерода в металле и его температуры, момент которой определяется обычно по количеству израсходованного кислорода.

5.4.8 По окончании продувки отбирают пробы металла и шлака и измеряют температуру.

5.4.9 При получении химического состава, отличающегося от заданных значений производят додувку. При небольшом перегреве металл выдерживают или присаживают известняк.

5.4.10 Если содержание углерода недостаточно, производить науглероживание металла присадками молотого кокса или графита на струю металла при его выпуске в ковш.

5.5 Выпуск металла

5.5.1 При получении заданного состава и температуры металла выпускают плавку.

5.5.2 Металл выпускают через сталевыпускное отверстие при соответствующем наклоне конвертера, обеспечивающем минимальное попадание шлака в сталеразливочный ковш.

5.6 Раскисление и легирование.

5.6.1 Раскисление, легирование и науглероживание металла производят в ковше во время слива металла.

5.6.2. Раскисление следует производить ферромарганцем, ферросилицием и алюминием.

5.6.3 Для достижения равномерного распределения ввод необходимых материалов должен быть закончен при наполнении ковша сталью на 3/4 его высоты [4].

1. Истечение кислорода из сопла фурмы

Немаловажное значение в современном конвертерном процессе имеет кислородное рафинирование. Сущность рафинирования путем продувки газами или обработкой летучими веществами заключается в том, что газовые пузыри, проходя через расплав, захватывают встречающиеся на своем пути инородные включения и выносят их на поверхность расплава. Продувка газами позволяет удалить как крупные, так и мелкие (до 1 мкм) частицы. При контакте расплава с кислородом прежде всего происходит окисление основного металла, и расплав насыщается кислородом. После этого растворенные примеси, соединяясь с кислородом, образуют нерастворимые оксиды, которые переходят в шлак [11].

Выходящие из сопл фурмы кислородные струи внедряются в ванну и вызывают в её нижней части направленную циркуляцию, а верхние слои металла и шлака вспениваются пузырями , выделяющимися при окислении углерода. Характер взаимодействия кислородных струй с ванной и возникающей при этом циркуляции металла показан на рисунке 3. Под соплами фурмы расположены направленные вниз высокоскоростные потоки с увлекаемыми вниз каплями металла; это первичные реакционные зоны или зоны продувки, где весь кислород расходуется на окисление железа. По границам первичной зоны вследствие высокой концентрации кислорода окисляется много углерода с образованием  и формируется поток всплывающих пузырей , увлекающих за собой металл, поэтому циркуляционные потоки направлены вверх. Поскольку контур циркуляции должен быть замкнутым, у стенок конвертера металл движется вниз.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

25

150101.2009.1754.00.00 ПЗ

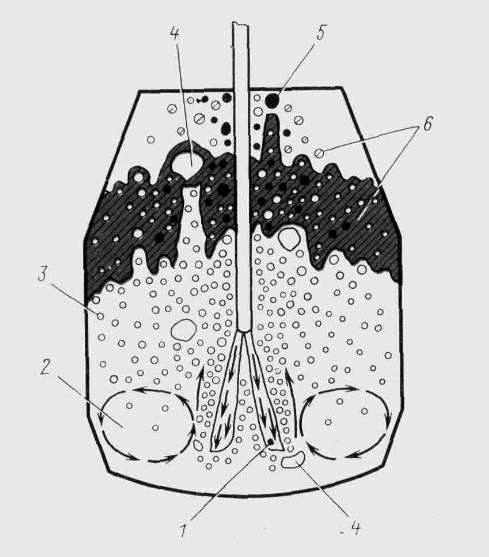


Рисунок 3 – Структура ванны при продувке кислородом сверху:

1 – зона продувки (прямого окисления);

2 – зона циркуляции металла;

3 – пузыри ;

4 – крупные газовые полости;

5 – металл;

6 – шлак.

Циркуляция, то есть перемешивание ванны, интенсифицирует тепло-, массообмен, ускоряя процессы окисления, рафинирования и нагрева металла и расплавления стального лома. В начале и конце продувки, когда скорость окисления углерода и пузырей СО невелика, циркуляционные потоки ослаблены и интенсивность перемешивания ванны недостаточна.

Под первичными реакционными зонами, где всплыванием пузырей  затруднено, периодически формируются крупные газовые полости. Их объём придвижении вверх возрастает в результате поглощения пузырей  и при выходе крупных газовых объёмов из ванны образуются всплески металла и шлака. При этом могут возникать выбросы через горловину конвертера.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

26

150101.2009.1754.00.00 ПЗ

Дутьё характеризуется следующими параметрами:

1) давление кислорода. Кислород вводят в конвертер через фурму с выходными соплами Лаваля, преобразующими энергию давления газа в кинетическую и обеспечивающими скорость струй на выходе из сопла 500 – 550 м/с при статическом давлении близком к атмосферному. Такая скорость необходима для внедрения струй в ванну и полного усвоения кислорода. Размеры сопл, обеспечивающие такой режим, определяется расчётом.

Изменение давления кислорода перед соплом, по сравнению с расчётным, ведет к нарушению расчетного режима работы сопла. При повышении давления возрастают скорость и давление на выходе из сопла (недорасширение струи), что вызывает пульсацию струи, передающуюся ванне; при снижении давления возникает разрежение на выходе сопла (перерасширение струи), что вызывает подсасывание капель металла и шлака и быстрый износ сопл. Как следует из данных, представленных на рисунке 4 , при давлении кислорода перед соплом 1,0 – 1,2МПа, небольшие его изменения вызывают существенное изменение скорости кислородной струи, то есть расчётного режима работы сопла. При больших значениях эти колебания незначительны, поэтому давление кислорода перед соплом должно быть более 1,2МПа. Поскольку потери напора в кислородоподводящем шланге и фурме обычно составляют 0,4 – 0,7МПа, давление в кислородопроводе должно быть более 1,6МПа.

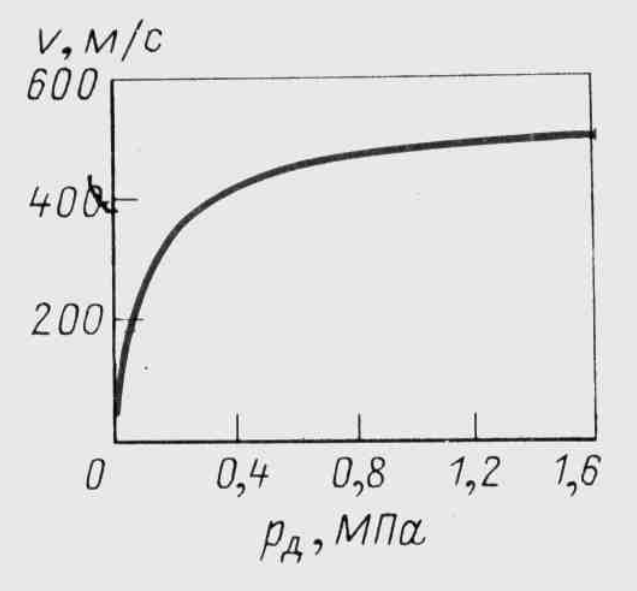


Рисунок 4 – Зависимость скорости истечения кислорода из сопла Лаваля от давления дутья перед соплом.

2) расход кислорода в единицу времени (м/мин) обычно тем выше, чем больше вместимость конвертера и для большегрузных конвертеров составляет 1500 - 2000м/мин. Увеличение расхода кислорода достигают путем увеличения в фурме числа и диаметр сопл Лаваля.

3) удельный расход кислорода, то есть расход на 1 тонну выплавляемой стали, определяется количеством окисляющихся за время продувки составляющих чугуна и стального лома.

4) интенсивность продувки J  не зависит от вместимости конвертера и является постоянной в условиях того или иного конвертерного цеха. Величина J определяет длительность продувки , которая также как интенсивность не зависит от вместимости конвертера. Связь между величинами  и J примерно следующая:

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

27

150101.2009.1754.00.00 ПЗ

, (64)

где Q – удельный расход кислорода;

Для уменьшения продолжительности плавки интенсивность дутья стремятся увеличить. Однако, опыт показал, что после превышения некоторого допустимого уровня интенсивности продувки начинаются выбросы металла и шлака из конвертера.

Число кислородных струй стремятся увеличить, так как это позволяет увеличить расход кислорода без появления выбросов и обеспечивает более мягкую продувку с более быстрым обогащением шлака оксидами железа, что ускоряет шлакообразование. Вместе с тем при увеличении числа сопл, чтобы избежать слияния кислородных струй, приходится увеличивать угол наклона струи к вертикали. При таком увеличении кислородные струи приближаются к футеровке стен и в конвертерах малой вместимости вызывают повышенный износ футеровки.

Уменьшение давления и расхода кислорода вызывает уменьшение заглубления кислородных струй в ванну, и в результате этого шлак обогащается оксидами железа[3].

Выводы: обогащение дутья кислородом увеличивает производитель­ность конвертеров и улучшает качество стали. Ускоренное окис­ление примесей сокращает длительность продувки и улучшает тепловой баланс конвертера: потери тепла зависят от продолжи­тельности передела и количества газов, которое при обогащен­ном дутье уменьшается. В результате этого выявляются резервы тепла, позволяющие вводить охлаждающие добавки — скрап или железную руду и этим резко увеличить производительность по стали. Полная замена воздушного дутья техническим кислородом могла бы полностью исключить азот из газов и резко снизить со­держание его в стали. Диссоциация Н2О и СО2 способствует пог­лощению избытка тепла и предупреждает местный перегрев, со­храняя фурмы и днище от преждевременного износа. Азот в стали таким путем снижается до содержания ~0,002%. Хорошо удаляются фосфор и сера. Продувка чугуна газовыми смесями распространена на ряде европейских заводов.

Заключение

В работе был рассчитан материальный баланс плавки. Определен расход чугуна, скрапа, шлакообразующих материалов и футеровки, рассчитан состав и количество шлака, состав и количество получающихся газов, определен выход стали. Полученная невязка находится в допустимых пределах.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

28

150101.2009.1754.00.00 ПЗ

В расчете раскисления был произведен выбор необходимых раскислителей и легирующих присадок для получения состава стали, соответствующего ГОСТ 4543-71.

Расчет теплового баланса показал, что приход тепла больше расхода. Избыток тепла получается вследствие использования в завалку большого количества чугуна. Тепловой избыток можно снизить используя охладители. Но более рациональным является повышение количества металлического лома в шихте.

Внутренний диаметр конвертера емкостью 95 тонн был принят 4,1 метра при отношении его высоты к диаметру 1,30. Исходя из этого были определены основные размеры агрегата, и получен удельный объем рабочего пространства равный 0,660 м³/т, что совпадает с объёмом существующего конвертера аналогичной садки. Рассчитана продолжительность продувки, она составляет 9,664 мин, и построены графики изменения химического состава металла и шлака по ходу продувки в кислородном конвертере.

Библиографический список

|  |  |
| --- | --- |
| 1 | «Производство стали. Расчеты» Ойкс Г.Н., Иоффе Х.М., 4-издание под редакцией Г.Н.Ойкса, «Металлургия», - 1975, 480 с  Изм.  Лист  № докум.  Подпись  Дата  Лист  29  150101.2009.1754.00.00 ПЗ |
| 2 | «Марочник сталей и сплавов» Колосков М.М, Долбенко Е. Т., Каширский Ю.В. и др, под редакцией Зубченко А.С. М, «Машиностроение» -2001, 672с |
| 3 | «Справочник конвертерщика» Якушев А.М. Челябинск, Металлургия, Челябинское отделение, 1990, 448с |
| 4 | Инструкция к кислородному конвертеру |
| 5 | ГОСТ 4543-71. |
| 6 | ГОСТ 8479-70. |
| 7 | ГОСТ 805-95 |
| 8 | ГОСТ 2787-75 |
| 9 | ГОСТ 28874-90 |
| 10 | ТУ У 26.5-0093714-042-2001 |
| 11 | ТУ 48-5-240-00 |
| 12 | http://pro100info.ru/2008/01/04/rafinirovanie-ochistka-rasplavov/ |