Реферат

Тема:

"Производство ферросилиция"

Новокузнецк, 2007

**1. Назначение ферросплавов и способ производства**

Ферросилиций – сплав кремния с железом.

Основное назначение ферросплавов в сталеплавильном производстве – раскисление и легирование стали, а также легирование и модифицирование чугуна и сплавов; производство химических соединений, как исходных материалов для защитных покрытий на металлических конструкциях; обогащение полезных ископаемых.

Способ получения ферросилиция на предприятии ОАО «Кузнецкие ферросплавы» электротермический с углевосстановительным процессом.

Получение ферросилиция в рудовосстановительных дуговых электрических печах ведётся непрерывным способом, при котором шихта загружается в печь непрерывно по мере её проплавления.

Производимый ферросилиций по маркам и химическому составу должен соответствовать требованиям ГОСТ 1415–93 (ИСО 5445–80).

Ферросилиций поставляется в кусках массой не более 25 кг, в чушках массой не более 45 кг и виде дробленых просеянных частиц.

**2. Шихтовые материалы для выплавки ферросилиция**

Удовлетворенная работа ферросплавной печи может быть обеспечена только при тщательной подготовке шихтовых материалов.

Фракционный состав компонентов шихты должен обеспечивать хорошую газопроницаемость колошника печи при максимально возможной однородности шихтовой смеси и оптимальной ее проводимости, обеспечивающей глубокую посадку электродов при заданном электрическом режиме.

При производстве ферросилиция (или железокремниевых лигатур) используются следующие основные шихтовые материалы:

1. источник кремнезема – кварцит;
2. углеродистые востоновители кремнезема – коксовый орешек, полукокс, малозольные марки слабоспекающихся каменных углей;
3. в качестве рыхлителя колошника (отчасти и как востоновителя) – щепа древесная; источники поступления железа в сплав:

* стружка стальная углеродистых сталей (реже окалина),
* неофлюсованный агломерат,
* железная руда,
* отходы кремнистых сталей.

**3. Характеристика рудовосстановительных электропечей, выплавляющих ферросилиций**

По своему назначению ферросплавные печи делятся на рудовосстановительные и рафинировочные.

Рудовосстановительные печи относятся к дуговым печам смешанного действия с закрытой дугой и делятся по конструктивному исполнению на открытые и закрытые, с вращающейся или неподвижной ванной. Ванна печи может быть круглой или прямоугольной.

Наибольшее распространение получили печи с круглой (вращающейся) ванной с тремя электродами, расположенными по вершинам равностороннего треугольника. В рудовосстановительных печах, работающих, как правило, непрерывным процессом, электроды погружены в твёрдую шихту, которую загружают порциями по мере её проплавления; металл с некоторым количеством шлака выпускают из печи периодически.

Размеры ванны печи (диаметр и глубина ванны, диаметр и высота кожуха ванны) определяются требованиями технологии выплавки конкретного сплава, диаметром электродов и диаметром распада электродов с учётом необходимой плотности мощности в реакционной зоне, оптимальным расстоянием от образующей электрода до футеровки.

Для каждого технологического режима и каждой ферросплавной печи существует определённый электрический режим, то есть определённое соотношение между основными электрическими параметрами печи (мощностью, электрическим током и напряжением), при которых печь работает наиболее эффективно, то есть даёт максимальную производительность при низком расходе электрической энергии на одну тонну выплавленного сплава. Такой электрический режим является оптимальным.

Открытые печи завода оборудованы трёхфазными трансформаторами типа ЭБТЦ – 20 000/10,5 установленной мощностью 20000 кВА (печи №14~~:~~5) и трансформаторами ЭТЦНК – 36 000/10.5 установленной мощностью 29000 кВА (печи №6~~:~~8, 14).

Ступени напряжения трансформаторов типа ЭТЦНК-36000/10,5 переключаются под нагрузкой. При обычной работе выводы первичных обмоток трансформатора соединены на «треугольник», а во время разогрева печи после ремонта или после длительного простоя могут быть соединены на «звезду» с целью получения более низкого напряжения на электродах.

Большое значение имеет величина отношения (I/U) тока к напряжению (с низкой стороны), чем она выше, тем при прочих равных условиях глубже посадка электродов в шихте.

При выплавке высококремнистых сплавов (ФС75, ФС70, ФС65) эта величина не должна быть ниже 320.

Электрический режим выплавки зависит от характеристик трансформатора данной печи, фактического напряжения с высокой стороны, марки выплавляемого сплава и качества шихтовых материалов.

При понижении или повышении питающего напряжения с высокой стороны плавильщик старшего разряда по согласованию со сменным мастером может соответственно повышать или понижать ступень печного трансформатора с установкой оптимальной токовой нагрузки, но не более паспортной.

Заданный уровень токовой нагрузки на электродах поддерживается автоматически (при нормальной шихтовке печи).

Переключение на «ручное управление» маневрированием электродов производится в период увеличенного перепуска электродов, перед отключением печи на ремонт, во время разогрева печи после ремонта, при расстройствах технологического хода печи.

Электрический режим разогрева печи после ремонта, а также после горячих, аварийных простоев устанавливается согласно РЭ-Ф-01–01 «Руководство по эксплуатации рудовосстановительных электропечей, выплавляющих ферросилиций».

Контроль установленного электрического режима на печи осуществляется технологическим персоналом по контрольно-измерительным приборам, установленным на пультах управления.

Выплавка ферросилиция производится в рудовосстановительной дуговой электропечи непрерывным процессом, при постоянной загрузке шихтовых материалов и периодических выпусках сплава и шлака. Нормальный технологический ход печи определяют:

* Качественная подготовка шихтовых материалов.
* Правильное дозирование шихты.
* Правильно выбранный электрический режим.
* Правильное и своевременное обслуживание печи (обеспечение постоянного равномерного схода шихты).
* Поддержка оптимальной длины рабочих концов  
  электродов при выплавке соответствующего сплава ферросилиция.
* Своевременный выпуск сплава.

Нормальная работа печи характеризуется следующими основными признаками:

* Устойчивая, оптимальная посадка электродов в шихте.
* Равномерный сход шихты вокруг электродов.
* Колошник печи рыхлый, свободно прошиваемый деревянной рейкой.
* Равномерное выделение вокруг электродов выходящих из реакционной зоны технологических газов, при догорании которых пламя имеет соломенно-жёлтую окраску; отсутствие на колошнике печи участков спекшейся шихты («козлов»), местных сильных выделений газа – «свищей».
* Максимальным использованием установленной мощности печи на данной ступени напряжения, равномерной устойчивой токовой нагрузкой на электродах.
* Равномерным выходом сплава (с сопутствующим шлаком) в с соответствии с количеством загруженной шихты и расходованной электроэнергией.
* Выходом из лётки под небольшим давлением газа в конце выпуска сплава из печи.

Подготовленные к выплавке ферросилиция шихтовые материалы подаются на дозирование. Соотношение масс компонентов шихты устанавливает старший мастер, исходя из:

* расчёта шихты, выполняемого на основании материальных балансов плавки и утверждённого главным инженером;
* учёта присутствующей влажности восстановителя;

– оперативных данных о технологическом ходе печи.

Исходные данные для расчёта и расчёт шихты для выплавки ферросилиция приведены в табл. 1

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  п/п | Наименование показателей | Ед.  Изм. | Марка сплава | | | |
| ФС75 | ФС70 | ФС65 | ФС45 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | Содержание (базовое) в сплаве: |  | | | | |
|  | * кремния (БSi) | % | 75,5 | 7,0 | 65,0 | 45,0 |
| * железа (БFе) | % | 23,0 | 28,0 | 33,0 | 52,5 |
| * примесей (БПр) | % | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,5 |
| 2 | Содержание железа в стружке сталь. | % | 95,0 | 95,0 | 95,0 | 95,0 |
| 3 | Содержания кремнезема (SiO2) |  | | | | |
|  | * в кварците | % | 97,0 | 97,0 | 97,0 | 97,0 |
| * в золе коксового орешка | % | 50,0 | 50,0 | 50,0 | 50,0 |
| * в золе угля каменного | % | 54,0 | 54,0 | 54,0 | 54,0 |
| * в золе щепы древесной | % | 35,5 | 35,5 | 35,5 | 35,5 |
| 4 | Содержание золы (Ас): |  |  | | | |
|  | * в коксовом орешке | % | 13,0 | 13,0 | 13,0 | 13,0 |
| * в угле каменном | % | 6,5 | 6,5 | 6,5 | 6,5 |
| * в щепе древесной | % | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,8 |
| 5 | Содержание летучих (Vг): |  | | | | |
|  | * в коксовом орешке | % | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 |
| * в угле каменном | % | 26,0 | 26,0 | 26,0 | 26,0 |
| * в щепе древесной | % | 87,5 | 87,5 | 87,5 | 87,5 |
| 6 | Содержание твердого углерода (Ств): |  | | | | |
|  | * в коксовом орешке | % | 86,0 | 86,0 | 86,0 | 86,0 |
| * в угле каменном | % | 69,0 | 69,0 | 69,0 | 69,0 |
| * в щепе древесной | % | 12,0 | 12,0 | 12,0 | 12,0 |
| 7 | Избыток углерода (Кс) | % | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 |
| 8 | Извлечение кремния (VSi) | % | 85,0 | 85,0 | 92,0 | 95,0 |

Для лучшего перемешивания шихтовых материалов (а также для необходимой корректировки но влажности навески восстановителя) первыми в дозировочную тележку загружают коксовый орешек, древесную щепу, уголь каменный, затем кварцит и стальную стружку. Наиболее полное смешение шихтовых материалов происходит при разделении навески кварцита на две равные части восстановителем (коксовым орешком или углем каменным). В первую очередь на весовой дозатор подают лёгкие компоненты (восстановитель), затем тяжёлые (кварцит). Для обеспечения точного (правильного) взвешивания компонентов шихты весовые дозаторы должны проверяться контрольным грузом ежесменно в течение первого часа работы, а также в случае проведенного дозаторам ремонта и при начинающемся расстройстве технологического хода печи. Результаты проверки исправности взвешивающих устройств фиксируются в соответствующем журнале за подписью плавильщика старшего разряда.

При обнаружении ненормальности в работе взвешивающих устройств необходимо немедленно вызвать весового мастера или наладчика автоматики. Контроль за исправным техническим состоянием взвешивающих устройств осуществляется весовым мастером и наладчиком автоматики электроцеха, которые обязаны ежесуточно проверять их работу и принимать срочные меры по устранению обнаруженных неисправностей. Результаты проведенных осмотров фиксируются в соответствующем журнале. Шихтовые материалы, смешанные в заданных пропорциях, при помощи дозировочной тележки подаются в печные бункера («карманы»). На печах, оборудованных труботечками для загрузки шихты, печные бункера («карманы») должны быть всегда заполнены с дозированной шихтой не менее чем на половину объёма. При загрузке шихты в печь завалочными машинами подача очередной колоши (или добавки) в печной карман производится после израсходования порции шихты предыдущей колоши. При отсутствии шихты, печь отключают, не допуская существенного проплавления колошника печи.

Загрузку шихты производят равномерно, небольшими порциями в те места, где шихта осела, с таким расчётом, чтобы уровень колошника оставался постоянным. При введении в состав восстановителя угля каменного основная масса шихты загружается в печь труботечками. Загрузка шихты завалочной машиной сводится к минимуму при увеличении частоты обработки колошника машиной DDS.

Уровень колошника поддерживается на 300-500 мм выше, чем при использовании рядовой шихты (без угля каменного). Уровень колошника, обеспечивающий нормальную работу печи, зависит от сё геометрических и электрических параметров, от марки выплавляемого на ней сплава и устанавливается опытным путём для каждой печи. Интенсивность загрузки шихты в печь контролируют, но расходу (съёму) электроэнергии на одну колошу.

Расход (съём) электроэнергии на одну колошу должен составлять:

при выплавке сплава ФС 75 1500–1560 кВтч;

при выплавке сплава ФС 70 1460–1520 кВтч;

при выплавке сплава ФС 65 1400–1460 кВтч;

при выплавке сплава ФС45 1370–1400 кВтч;

при выплавке сплава ФС 25 1000–1100 кВтч.

Для обеспечения надлежащего надзора за состоянием колошника и оборудования печи необходимо постоянное присутствие на рабочей (плавильной) площадке плавильщик старшего разряда, который вместе с остальным обслуживающим персоналом обязан:

* своевременно обслуживать печь;
* следить за работой механизмов печи, вспомогательного оборудования, автоматикой регулирования электрического режима, за показаниями контрольно-измерительных приборов;
* принимать меры по устранению возникающих отклонений от нормальной работы печи. Для обеспечения нормального технологического хода работы печи необходимо поддерживать оптимальную длину электродов и достаточную глубину их погружения в шихту.

Длина рабочих концов электродов должна составлять:

- при выплавке сплавов ФС75, ФС70, ФС65

* для печей Р=20 MB А и Dэл.= 1200 мм => 2300:1900 мм;
* для печей Р-29 МВА и Dэл. = 1200 мм => 2500~~:~~2300 мм.

при выплавке сплавов ФС45, ФС25

* для печей Р-20 МВА и Dэл. – 1200 мм => 2100~~:~~800 мм;
* для печей Р-29 МВА и Dэл.= 1200 мм => 2200~~:~~2100 мм.

Длину рабочих концов электродов следует уточнять при каждом простое печи

В случае необходимости печь отключают специально для определения длины электродов.

В технологическом журнале ежесменно делается отметка о перепуске и длине электродов на каждой печи.

Глубина посадки электродов в шихте должна быть:

– при выплавке сплавов ФС75, ФС70, ФС65 => 1300~~:~~1200 мм;

– при выплавке сплавов ФС45, ФС25 => 1100~~:~~1000 мм.

Длина части электрода между шихтой и уровнем нижнего обреза контактных щёк должна бьпъ в пределах 700~~:~~800 мм.

Оперативный, ежесуточный контроль длины электродов, их перепуск и наращивание производится старшим мастером согласно РЭ-Ф-01–01 «Руководство по эксплуатации рудовосстановительных электропечей, выплавляющих ферросилиций». Некачественная подготовка компонентов шихты, нарушения в шихтовке печи, неудовлетворительное обслуживание колошника, ненормальная длина электродов, упущения в надлежащем содержании и обслуживании лётки, отступление от установленного электрического режима приводят к расстройству технологического хода печи, ухудшению технико-экономических показателей и условий труда обслуживающего персонала.

Во всех возникших случаях расстройства технологического хода печи прежде всего выясняется причина расстройства; при этом следует усилить внимание обслуживающего персонала к обслуживанию печи, так как расстройство её хода в ряде случаев является результатом недостаточного, несвоевременного, неправильного обслуживания и ведения технологического процесса; в то время, как шихтовка, качество подготовки шихтовых материалов, длина электродов и прочее соответствуют требованиям нормальной работы печи.

**4. Рост требований к качеству ферросилиция по содержанию примесей**

Мировая тенденция производства стали – все более жесткие ограничения по содержанию примесей, переход на отливку мелкосортовых заготовок на установках непрерывного литья заготовок, повысили спрос на специальные марки ферросилиция с пониженным содержанием примесей: алюминия, кальция, углерода, титана, фосфора, хрома и т.д.

В настоящее время ведущие фирмы – производители ферросилиция освоили производство чистых и высокочистых по примесям сортов ферросилиция, а также модификаторов на его основе.

Фирма «Elkem» (Норвегия) производит 10 марок ферросилиция, содержащего кремния 74–78%, с пониженным содержанием примесей: Аl – 0,015–1,0%; Ti – 0,05–0,10%; С – 0,01–0,10%, Р – 0,02–0,025%. В том [числе фирма производит высокочистый ферросилиций, содержащий кремния 75–77%, **с** максимальным I содержанием: А1 – 0,05%; Ti – 0,05%; С – 0,02% (таблица 2).

Табл. 2. Распределение элементов между продуктами плавки ферросилиция марки ФС75 на печи мощностью 29МВА

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Элемент | Внесено шихтой | | | Перешло в продукты плавки | | |
|  | кварцит | восстановитель\* | стальная стружка | сплав | шлак | пыль |
| Si | 93,2–93,8 | 6,1–6,5 | 0,07–0,14 | 78,3–92,9 | 2,1–3,2 | 13,3–18,6 |
| Fe | 1,8–2,2 | 3,8–4,4 | 93,1–94,3\*\* | 96,0–98,5 | 16,9–24,6 | 0,55–3,37 |
| Al | 15,6–19,6 | 77,5–81,7 | 0,56–0,79 | 48,2–59,9 | 16,9–24,6 | 21,6–27,1 |
| Ti | 24,5–33,7 | 52,9–71,3 | 1,7–2,4 | 89,8–93,7 | 6,2–8,2 | 0,47–2,1 |
| P | 63,0–69,5 | 45,5–60,9 | 9,0–12,8 | 53,9–55,8 | 1,2–2,9 | 41,3–44,8 |
| S | 0,4–0,89 | 97,3–97,8 | 1,2–1,45 | 0,32–0,65 | 0,14–0,26 | 99,2–99,5 (улет) |
| С | - | 94,1–95,1 | 0,17–0,41 | 0,05–0,09 | 0,34–0,40 | 0,37–0,45 |
| Ca+Mg | 2,1–3,2 | 94,9–96,8 | - | 20,5–31,9 | 50,4–57,1 | 17,6–23,4 |
| Cr | 1,1–5,8 | 2,3–4,5 | 81,4–93,7 | 85,0–94,2 | 2,9–4,9 | 0,86–10,8 |
| Mn | 16,4–24,7 | 23,1–43,1 | 23,2–50,9 | 30,6–54,7 | 0,74–1,3 | 44,5–68,4 |

Помимо этого фирма «Elkem» производит различные сплавы на базе ферросилиция: 11 сортов модификаторов, содержащих Mg, Si, Ca, Al, P3M, в различных пропорциях, а также сплавы с различной концентрацией Ва, Sr, Zr.

Фирма – «Fesil AS» (Норвегия) производит 4 марки ферросилиция, содержащего кремния 73–78%, с пониженным содержанием примесей: А1 – 0,06–0,75%; Ti – 0,04–0,1%; С – 0,02–0,10%, Р – 0,02–0,025%. В том числе фирма производит высокочистый ферросилиций с максимальным содержанием: А1 – 0,06%; Ti -0,04%; С – 0,02%.

Фирма «Pechiney electrometallurgy» (Франция) производит 4 марки ферросилиция, содержащего кремния 75–79%, с пониженным содержанием примесей: А1 – 0,05–0,30%; Ti – 0,025–0,04%; С – 0,02–0,10%, Са – 0,05–0,1%, Мп – 0,25–0,13%, Ti – 0,025–0,1%; Р – 0,02–0,03%. В том числе фирма производит два сорта высокочистого ферросилиция с максимальным содержанием: А1 – 0,05–0,08%; Ti – 0,025–0,04%; С – 0,02–0,04%, Са – 0,05–0,08%.

Фирма «Лазиска Хута» (Польша) также освоила производство двух марок ферросилиция, содержащего кремния 72–80%, с пониженным содержанием алюминия (при обычном содержании других примесей): FeSi75A10,3 – с максимальным содержанием А1 – 0,30% и FeSi75A10,7 – с максимальным содержанием А1 -0,70%.

Приведенные примеры показывают значительное отставание ОАО «Кузнецкие ферросплавы» в области производства ферросилиция с пониженным содержанием примесей и особенно в производстве высокочистого ферросилиция. В настоящее время ОАО «Кузнецкие ферросплавы» производит только две марки ферросилиция ФС75 по содержанию примесей: с содержанием А1 ниже 2% и ниже 1,5%.

**5. Источники поступления примесей в ферросилиций**

Содержание примесей в ферросилиции зависит, прежде всего, от состава шихтовых материалов. В процессе восстановительной плавки происходит восстановление не только кремнезема, но и содержащихся в кварците и золе восстановителя (кокс, полукокс, уголь) сопутствующих оксидов – А1203, Ti02, P2O5, СаО и т.д. Так, в кварците Антоновского месторождения, которое является основным источником кварцита для ОАО «Кузнецкие ферросплавы», содержание А1203 колеблется от 0,45 до 1,3%, Р205 – 0,1–0,06%; ТiO2 – 0,02–0,08%, СаО – 0,001–0,003%. Зольность коксового орешка колеблется от 9,5 до 14%, каменного угля – 2,7–13%. Содержание в золе коксового орешка или угля: А1203 – 15–26%, ТЮ2 – 0,5–1,3%, Р205 – 0,22–0,77%, СаО – 2,7–5,6%.

Примеси можно разделить на следующие группы:

1. Примеси с высокой долей (более 50%) перехода в металл (опасные) – Ti, Al, P, Сг, Мп; требуют постоянного контроля шихтовых материалов по их содержанию.
2. Примеси со значительной долей (20–30%) перехода в металл (малоопасные) – Са, Mg; требуют соблюдения технологического режима плавки (соблюдения регламентации дачи известняка).
3. Примеси с очень низкой долей (менее 1%) перехода в металл (неопасные) – С, S; примеси не требуют постоянного контроля по их содержанию в металле; повышение их содержания в ферросилиции обусловлено внешними источниками на других стадиях предела – разливке, дроблении, фракционировании, транспортировке и т.д. – или очень значительным отклонением состава шихтовых материалов от обычного, например, использование высокосернистого восстановителя.

С точки зрения понижения содержания в ферросилиции примеси возможно классифицировать в зависимости от их сродства к кислороду:

* примеси с большим, чем у кремния, сродством к кислороду – Mg, Ca, A1; возможно применение тех или иных методов окислительного рафинирования;
* примеси с меньшим, чем у кремния (в ферросилиции), сродством к кислороду – Ti\*, P, S, Cr, Mn; применение методов рафинирования невозможно, снижение содержания этих примесей возможно только при использовании чистых шихтовых материалов;
* углерод; возможно рафинирование ферросилиция от углерода при создании условий, в которых сродство углерода к кислороду превышает сродство кремния к кислороду, например, продувка газом с низким содержанием СО или условий, обеспечивающих удаление углерода, поступившего из внешних источников, например, всплывание карбида кремния из жидкого ферросилиция за счет выдержки мета ига в ковше и т.п.

Специального рафинирования ферросилиция от Mg и Са не требуется, достаточно соблюдения технологического регламента плавки. Сродство к кислороду Mg и Са выше, чем у алюминия, поэтому все известные способы окислительного рафинирования ферросилиция от примесей рассчитаны на рафинирование от алюминия; при этом обеспечивается одновременное снижение содержания Mg, Са и С в сплаве.

Из примесей, снижение содержания которых возможно только при использовании чистых шихтовых материалов, следует выделить производство ферросилиция с пониженным содержанием Сг и Мп. Основными источниками поступления Сг и Мп в ферросилиций является стальная стружка. Поэтому значительное содержание этих примесей достигается в сплаве с высоким расходом стальной стружки ферросилиций марки ФС45. При этом содержание Ti, Al, Mg, Са в сплаве ФС45 невелико и рафинирования от них не требуется. Это накладывает свои технологические особенности на производство ферросилиция с пониженным содержанием Сг и Мп.

Таким образом, существуют следующие разновидности способов производства ферросилиция с пониженным содержанием примесей:

* производство ферросилиция с пониженным содержанием Al, Ti, и Р за счет использования чистых шихтовых материалов;
* производство ферросилиция с пониженным содержанием Al, Mg, Са и С за счет окислительного рафинирования;
* производство ферросилиция с пониженным содержанием Сг.

Содержание примесей в 75% высокочистом ферросилиции не должно превышать: **[А1]** – 0,05%; [Ti] -0,05%; [Са] – 0,02%; [С] – 0,02%; [Р] – 0,02%.

Такой состав полностью удовлетворяет требованиям зарубежных фирм к качеству высокочистого ферросилиция.

Производство высокочистого ферросилиция указанного состава возможно только сочетанием выплавки чистого по титану и фосфору предельного 75% ферросилиция и рафинированием его в ковше методом продувки через донную пробку от алюминия, кальция, углерода.

Первая стадия – выплавка предельного 75% ферросилиция с низким содержанием титана и фосфора.

Как указано выше, выплавка ферросилиция с низким содержанием титана и фосфора возможна только с применением чистых по этим примесям шихтовых материалов.

В производстве чистых по титану и фосфору кремнистых сплавов традиционно используются следующие низкозольные восстановители: пековый кокс, нефтяной кокс и древесный уголь. Лучшими по физико-химическим свойствам из перечисленных является древесный уголь, но его стоимость в 2,5–3 раза превышает цену первых двух коксов.

Основным недостатком пекового и нефтяного коксов является высокая концентрация серы – до 3–4%. При работе на высокосернистых восстановителях в атмосферу будет выделяться значительное количество серного ангидрида, который сухой газоочисткой не улавливается. Требуется сооружение специальной сероочистки; это требует вложения очень значительных средств.

Древесный уголь производится на 40 предприятиях России и не является дефицитным материалом, его стоимость составляет от 55–65 $/т. Однако из-за его сравнительно высокой стоимости в настоящее время при выплавке ферросилиция он не используется.

В отличие от нефтяного и пекового коксов содержание серы в древесном угле незначительно. Зола древесного угля практически не содержит оксидов титана, однако содержание Р205 в золе достигает 3–5%.

При выплавке ферросилиция марки ФС75 с низким содержанием примесей для улучшения экономических показателей производства, возможно произвести частичную (до 30% по углероду) замену древесного угля каменным углем марки «СС» с зольностью 5–7%. Такой уголь добывается разрезом «Бачатский», содержание серы в угле, оксидов титана и фосфора в золе угля – обычное для углей региона и является приемлемым.

Наиболее пригодным для производства ферросилиция с пониженным содержанием примесей следует считать кварцит Черемшанского месторождения.

Опытная кампания выплавки ферросилиция марки ФС75 с использованием черемшанского кварцита, проведенная на ОАО «Кузнецкие ферросплавы» в 1999 году, показала возможность полной замены антоновского кварцита черемшанском без каких-либо изменений в технологии плавки. Вместе с тем, концентрация ТiO2 в черемшанском кварците в два раза ниже, чем в антоновском при примерно равном содержании Р205. Поэтому данный кварцит следует рассматривать как базовый для производства высокочистых марок фероссилиция.

Испытание кварцев различных месторождений, также содержащих пониженное содержание ТiO2, как указано выше, на ОАО «Кузнецкие ферросплавы» для производства высокочистых марок ферросилиция не дало положительного результата. Работа на кварцах приводила к спеканию колошников, расстройству хода печей, но не обеспечила желаемого снижения титана в сплаве.

Стальной стружкой нелегированных сталей в сплав вносится не более 3% титана и около 10% фосфора, вносимых шихтой, поэтому существующую стружку можно считать пригодной для производства высокочистых марок ферросилиция.

Таким образом, выплавка ферросилиция марки ФС75 с использованием в шихте черемшанского кварцита, древесного угля, угля разреза «Бачатский» обеспечивает выплавку содержанием не более 0,03% титана и не более 0,02% фосфора.

Вторая стадия – рафинирование ферросилиция от алюминия, кальция. углерода методом продувки в ковше через донную пробку

Рафинирование предельного 75% ферросилиция с низким титаном и фосфором наиболее рационально производить во время выпуска ферросилиция в ковш за счет продувки сжатым воздухом, обогащенным кислородом, через донную пробку методом «Tinject».

Метод не требует больших капитальных затрат и вписывается в существующих режим выпуска и разливки ферросилиция. Метод доказал свою надежность, эффективность и гибкость за время эксплуатации в течение 15 лет.

Предельный ферросилиций с низким титаном и фосфором на этой стадии производства подвергается рафинированию от алюминия, кальция и углерода. При этом без существенных потерь исходного металла достигается содержание в 75% ферросилиции: А1 – не более 0,05%; Са – не более 0,02%; С – не более 0,02%.

Таким образом, после реализации указанных двух стадий производства может быть получен ферросилиций марки ФС75 с пониженным содержанием примесей, содержащий:

* [Si] – не менее 75,00%;
* [А1] – не более 0,05%;
* [Ti] – не более 0,05%;
* [Са] – не более 0,02%;
* [С] – не более 0,02%;
* [Р] – не более 0,02%.

Далее полученный высокочистый ферросилиций разливают, фракционируют, упаковывают по существующей на ОАО «Кузнецкие ферросплавы» технологии и отправляют потребителям.

Существуют следующие разновидности разливки ферросплавов:

* разливка в изложницы;
* разливка на разливочных машинах;
* полигонная разливка.

Разливка ферросплавов в изложницы – один из наиболее ранних способов разливки, однако до сих пор применяется для разливки кремнистых и хромистых ферросплавов. Существует две разновидности разливки в изложницы:

* разливка в водонеохлаждаемые чугунные изложницы (поддоны);
* разливка в медные водоохлаждаемые изложницы.

Разливка в чугунные изложницы

Применяется для разливки кремнистых (ферросилиций, кремний кристаллический) и хромистых (низкоуглеродистый феррохром) сплавов.

Изложницы устанавливают стационарно на специальных металлических стендах. Высота изложниц над уровнем пола должна обеспечивать доступ обслуживающему персоналу к верхней поверхности изложницы и, как правило, составляет 1000–1100 мм по верхнему обрезу изложницы.

Изложницы должны быть установлены горизонтально для обеспечения их равномерного заполнения. Для сокращения потерь металла изложницы устанавливают вплотную друг к другу. Углы изложниц, а также разрушенные места бортов подсыпают порошком выплавляемого сплава. Для предотвращения изложницы от размывания на место падения струи кладут кусок сплава того же состава, что и выплавляемый металл. Кремнистые сплавы разливают в стационарные чугунные изложницы с толщиной слитка до 100 мм, хромистые – до 60 мм. Большая толщина слитков металла способствует развитию ликвации и получению неоднородного слитка. Для хромистых сплавов с большой толщиной слитка существенно возрастают трудности по их дроблению.

Остывшие до 500–800°С слитки металла вручную подрывают с поверхности изложницы и с помощью навесных клещей электромостовым краном снимают и укладывают металлические короба. Слитки кремнистых сплавов вручную дробят до кусков размером менее 315 мм.

**Список используемой литературы**

1. Технологическая инструкция ТИ – Ф–01–01 ОАО «Кузнецкие ферросплавы» / Новокузнецк 2001. – 110 с.
2. Технологическая инструкция ТИ 44–01-2007 ОАО «Кузнецкие ферросплавы» / Новокузнецк 2007. – 18 с.
3. Еднерал Ф.П. Электрометаллургия стали и ферросплавов. – М.: 1977. – 488 с.