Министерство образования Республики Беларусь

УО «Белорусский государственный экономический университет»

Кафедра технологии важнейших отраслей промышленности

Индивидуальная работа

на тему:

**Производство стали в дуговых электрических печах**

Выполнил

Студент

ФЭУТ, 2 курс, ДГГ Круглик П.О.

Проверил Бобрович В.А.

МИНСК 2008

Введение…………………………………………………………………………...4

1. Технологический процесс производства стали

1.1. Характеристика получаемой продукции…………………….…..…...5

1.2. Характеристика используемого сырья…………………………….... 8

1.3. Характеристика технологии производства…………………………11

2. Динамика трудозатрат………………………………………………………...22

3. Расчет уровня технологии……………………………………………………25

4. Структура технологического процесса производства стали………………………………………………………………………………26

5. Анализ перспективных направлений развития технологического процесса производства стали в электропечах 29

Заключение……………………………………………………………….………31

Список использованной литературы……………………………….…………..32

Работа содержит 32 страницы, 4 таблицы, 5 рисунков

Ключевые слова: технологический процесс, сталь, производство стали в дуговых электропечах, электрическая дуга, шлак, окисление, VOD,, уровень технологии, технологическая система.

В работе рассмотрен один из наиболее эффективных методов производства стали - в электрических печах. Даны расчеты характеристик технологического процесса и построены схемы данного процесса.

Введение:

В современном мире практически невозможно представить нашу жизнь без металлов. Они используются практически во всех сферах общественного производства.

Большая часть металлов присутствует в природе в виде руд и соединений. Они образуют оксиды, сульфиды, карбонаты и другие химические соединения. Для получения чистых металлов и дальнейшего их применения необходимо выделить их из руд и провести очистку. При необходимости проводят легирование и другую обработку металлов. Изучением этого занимается наука металлургия. Металлургия различает руды чёрных металлов (на основе железа) и цветных (в их состав не входит железо, всего около 70 элементов). Исключением можно назвать около 16 элементов: т. н. благородные металлы (золото, серебро и др.), и некоторые другие (например, ртуть, медь), которые присутствуют без примесей. Золото, серебро и платина относятся также к драгоценным металлам. Кроме того, в малых количествах они присутствуют в морской воде, растениях, живых организмах (играя при этом важную роль).

Сплавы железа с углеродам представляют наибольший интерес для человека. Благодаря своей плотной кристаллической структуре, углерод придает прочность сплавам железа. Эти сплавы образуют большую группу сталей и чугунов.

Сталь (польск. stal, от нем. Stahl) — деформируемый (ковкий) сплав железа с углеродом (и другими элементами), содержание углерода в котором не превышает 2,14 %, но не меньше 0,02 % Кроме углерода в ней могут содержаться примеси марганца, кремния, серы, фосфора и т.д. Сырьем для производства стали является чугун (жидкий и твердый), стальной и чугунный лом, железная руда, металлизированные окатыши, ферросплавы и т.д. Один из важнейших процессов производства стали является сталеплавильный процесс. Сталеплавильный процесс — окислительный процесс, так как сталь получается в результате окисления и удаления большей части примесей чугуна — углерода, кремния, марганца, серы и фосфора. Отличительной особенностью сталеплавильных процессов является наличие окислительной атмосферы. Окисление примесей чугуна и других шихтовых материалов осуществляется кислородом, содержащимся в газах, оксидах железа и марганца. После окисления примесей, из металлического сплава удаляют растворённый в нём кислород, вводят легирующие элементы и получают сталь заданного химического состава. В современной металлургии основными способами выплавки стали являются кислородно-конвертерный, мартеновский и электросталеплавильный процессы. В данной работе обратим внимание на электросталеплавильный процесс, а , конкретно, в дуговых электропечах .

1.Технологический процесс производства стали в дуговых электропечах и его характеристика.

* 1. Характеристика получаемой продукции-стали

Сталь (польск. stal, от нем. Stahl) — деформируемый (ковкий) сплав железа с углеродом (и другими элементами), содержание углерода в котором не превышает 2,14 %, но не меньше 0,02 % Кроме углерода в ней могут содержаться примеси марганца, кремния, серы, фосфора и т.д.

По химическому составу сталь разделяют на:

углеродистую сталь;

легированную сталь.

Углеродистая

Углеродистые стали нельзя использовать при температурах выше 250—300°С, иначе теряется их твердость, а из-за малой прокаливаемости их нельзя применять в инструментах, сечение которых больше 20—25 мм. Зато углеродистые стали нужны при производстве ручных метчиков, напильников, пил, стамесок, долот, зубил. Ведь в малых сечениях поверхностный слой стали достаточно тверд, а середина остается мягкой и вязкой, поэтому инструмент не ломается.

Лигированная

Добавление специальных примесей позволяет производить сплавы с требуемыми характеристиками — легированные стали. Они обладают повышенной прокаливаемостью, поэтому востребованы в машиностроении. Кроме того, легирующие элементы (никель, хром, медь и другие вещества) позволяют улучшить прочностные характеристики, повысить ударную вязкость и устойчивость к высоким температурам. При обозначении легированных сталей вводится буква, обозначающая легирующий элемент (кремний — С, хром — Х, азот — А), а затем идут цифры, отражающие среднее содержание элементов в процентах.

По качеству стали делятся на:

сталь обыкновенного качества;

качественная сталь;

сталь повышенного качества;

высококачественная сталь.

Сталь углеродистую обыкновенного качества подразделяют на группы:

А — поставляемую по механическим свойствам и применяемую в основном тогда, когда изделие из нее подвергается горячей обработке (напр. сварка, ковка), которая может изменить регламентируемые механические свойства (Ст0, Ст1 и прочие)

Б — поставляемую по химическому составу и применяемую дл деталей, подвергаемых такой обработке, при которой механические свойства меняютс, а их уровень определяется химическим составом (БСт0, БСт1 и др.)

В — поставляемую по механическим свойствам и химическому составу для деталей, подвергаемых сварке (ВСт1, ВСт2 и др.)

Сталь углеродистую обыкновенного качества изготовляют из следующих марок:

Ст0, Ст1кп, Ст1пс, Ст1сп, Ст2кп, Ст2пс, Ст2сп, Ст3кп, Ст3пс, Ст3сп, Ст3Гпс, Ст3Гсп, Ст4кп, Ст4пс. Ст4сп, Ст5пс, Ст5сп, Ст5Гпс. Здесь «Ст»-сталь, «0 5»-условный номер марки в зависимости от химического состава, «кп, пс, сп»-степень раскисления.

Сталь углеродистая качественная конструкционная по видам обработки в состоянии поставки делится на:

горячекатаную сталь;

кованую сталь;

круглую сталь;

калиброванную сталь;

сталь круглую со специальной отделкой поверхности (серебрянка).

Сталь легированная по степени легирования разделяют на:

низколегированную сталь (легирующих до 2,5%);

среднелегированную сталь (2,5-10%);

высоколегированную сталь (10-50%).

Сталь легированная конструкционная в зависимости от химсостава и свойств разделяют на:

качественную;

высококачественную (А);

особо высококачественную (электрошлаковый переплав).

Сталь легированная конструкционная по видам обработки в состоянии поставки делится на:

горячекатаную сталь;

кованую сталь;

калиброванную сталь;

серебрянку.

**ГОСТы стали**

Таблица 1.1 ГОСТы стали

Гост 19282-73 стали низколегированные толстолистовые и широкополосные

Гост 20072-75 стали теплоустойчивые

Гост 380-94 стали углеродистые обыкновенного качества

Гост 1435-74 сталь инструментальная углеродистая

Гост 1414-75 сталь конструкционная повышенной и высокой обрабатываемости

Гост 10702-78 сталь легированная для холодного выдавливания и высадки

Гост 5950-73 сталь легированная инструментальная

Гост 4543-71 сталь легированная конструкционная

Гост 801-78 сталь подшипниковая

Гост 14959-68 сталь рессорно-пружинная

Гост 1050-74 сталь углеродистая качественная конструкционная

**Немагнитные стали** являются заменителями цветных металлов в электромашиностроении.

**Коррозионостойкие (нержавеющие) стали** – это высокохромистые стали марок 1Х13, 2Х13, 3Х13 и др. (первая цифра указывает на содержание углерода в десятых долях %, остальные – содержание хрома в %). Кроме хрома, в состав сталей вводятся никель, титан, ванадий (марки 1Х13Н3, 1 Х17Н2 и др.)

Жаростойкие (окалиностойкие) стали не окисляются при действии высоких температур и небольших нагрузок. Стойкость против окисления в этих сплавах создается за счет введения хрома, алюминия, кремния. Марки: Х28, Х5, 1Х12 СЮ и др. Из них изготавливаются камеры сгорания, чехлы к термопарам, муфели.

**Жаропрочные стали** сохраняют прочность при высоких температурах и могут работать в этих условиях под действием больших нагрузок (детали реактивных двигателей, лопасти паровых и газовых турбин). Жаропрочные стали являются одновременно и жаростойкими. Марки жаропрочных сталей: ХН70ВМТЮ, ХН75МБТЮ и др.

**Износоустойчивые стали** используются для изготовления рабочих элементов землеройных машин, шаровых мельниц и других сильно изнашивающихся деталей. К ним относятся высокмарганцовистые стали марки Г13.

Существуют и другие сплавы с особыми физическими свойствами.

К группе сплавов с особыми химическими свойствами относятся высоколегированные коррозионностойкие, жаростойкие и жаропрочные стали.

**1.2. Характеристика используемого сырья**

Основным материалом для электроплавки является железный лом. Лом не должен быть весьма окисленным, так как присутствие большого количества ржавчины вносит в сталь значительное численность водорода. В зависимости от химического состава лом нужно рассортировать на соответствующие группы. Основное число лома, предназначенное для плавки в электропечах, должно быть компактным и тяжеловесным. При малой насыпной массе лома вся доля для плавки не помещается в печь. Приходится прерывать ход плавки и подгружать шихту. Это увеличивает продолжительность плавки, приводит к повышенному расходу электроэнергии, снижает производительность электропечей. В последнее время в электропечах используют металлизованные окатыши, полученные методом прямого восстановления. Достоинством данного вида сырья, содержащего 85— 93 % железа, является то, что оно не загрязнено медью и другими примесями. Окатыши целесообразно употреблять для выплавки высокопрочных конструкционных легированных сталей, электротехнических, шарикоподшипниковых сталей. Легированные отходы образуются в электросталеплавильном цехе в виде недолитых слитков, литников; в обдирочном отделении в виде стружки, в прокатных цехах в виде обрези и брака и т, д. ; помимо того непочатый край легированного лома поступает от машиностроительных заводов. Использование легированных металлоотходов позволяет экономить ценные легирующие вещества, повышает экономическую эффективность электроплавок. Мягкое железо нарочно выплавляют в мартеновских печах и конвертерах и применяют для регулирования содержания углерода в процессе электроплавки. В железе держится 0,01—0,15 % С и <0,020 % Р. Поскольку в электропечах выплавляют основное численность легированных сталей, то для их производства используют различные легирующие добавки; электролитический никель либо МЮ, феррохром, ферросилиций, ферромарганец, ферромолибден, ферровольфрам и др. В качестве раскислителя кроме ферромарганца и ферросилиция применяют чистый алюминий. Для науглероживания используют передельный чугун, электродный мордобой; для наведения шлака применяют свежеобожженную известь, плавиковый шпат, шамотный махач, доломит и MgO в виде магнезита. Углеродистая и легированная стружка должна быть обезжирена и сбрикетирована. В ломе не допускается наличие цветных металлов (меди, бронзы, олова, свинца, латуни и др.). Цветной лом отделяют от лома и сортируют. Допустимое содержание фосфора в ломе для основных дуговых печей не должно превышать 0,050 % (исключение составляют отходы группы Б22). Лом не должен быть сильно окислен. Наличие ржавчины затрудняет учет угара металла и вносит в металл большое количество водорода. По габаритам лом делят на мелкий, средний, крупный и стружку. Осечки и обрезки передельных и металлообрабатывающих цехов, бракованные небольшие детали и др. длиной не более 100мм относят к мелкому лому. Средний лом имеет массу до 50кг и длину до 500мм. Крупный лом включает бракованные слитки, недоливки, изношенные детали, прессованные пакеты и другие вторичные отходы. Масса отдельных кусков не должна превышать 2% от массы завалки. Максимальный размер - не более 600мм. Крупногабаритный лом толщиной более 8мм подвергается газокислородной огневой резке. Бракованные слитки, развесом 6,2т, разделываются на четыре равные части, развесом 2,75 т на три равные части. Каждый отрезанный кусок маркируется маркой стали и номером плавки слитка, от которого он был отрезан. Крупногабаритный лом группы Б22 разделывается на куски весом не более 1тн.

Все ферросплавы должны соответствовать требованиям действующих стандартов и технических условий. Используемые ферросплавы: ферросилиций, силикокальций, ферромарганец, силикомарганец, феррохром, ферросиликохром, ферромолибден, феррованадий, никель и др.

Состав шихты при переплаве легированных отходов с применением кислорода:

- 70-80 % собственных отходов, в том числе отходы аналогичных марок стали;

- 20-30 % углеродистого лома с низким содержанием фосфора, т.к. фосфор при переплаве с применением кислорода практически не удаляется;

- ферросплавы;

- кокс или электродный бой;

Расчет шихты по элементам ведется с учетом получения в металле по расплавлению всей шихты: за период продувки должно быть окислено не менее 0,30 % углерода; Ni, Mo - на среднемарочное содержание; остальные элементы - на нижний предел; угар лома составляет 7 % от общей массы завалки.

Состав шихты при переплаве методом полного окисления:

- углеродистый лом;

- ферросплавы;

- кокс или электродный бой;

Расчет шихты по элементам ведется с учетом получения в металле по расплавлению всей шихты: за окислительный период должно быть окислено не менее 0,50% углерода; Ni, Mo - на среднемарочное содержание; присутствие остальных легирующих элементов не допускается, т.к. во время окислительного периода присутствие Cr, W, V, Si, Mn препятствует удалению фосфора из металла; угар лома составляет 5% от общей массы завалки.

При переплаве легированных отходов без проведения окислительного периода (метод сплавления), шихта составляется из 100% собственных отходов.

Для снижения содержания фосфора в металле, допускается частичная замена

собственных отходов низкофосфористым железом до 30% от общей массы завалки.

Т**аблица 1.2 стандарты на железный лом**

|  |  |
| --- | --- |
| ГОСТ-2787-75 | стандартизация лома черных металлов |
| FS-2005  (ISRI) | международная техническая стандартизация лома черных металлов |
| ESSS  (EUROFER) | международная техническая стандартизация лома черных металлов |

### 1.3. Характеристика технологии производства стали в круговых электрических печах*.*

В настоящее время для выплавки стали применяют дуговые и индукционные электрические печи, которые являются наиболее совершенными сталеплавильными агрегатами. Основные преимущества способа получения стали в электрических печах - возможность создания высокой температуры в плавильном пространстве печи (более 2000 'С) и выплавки стали и сплавов любого состава; использование известкового шлака (до 50...60 % СаО), способствующего хорошему очищению металла от вредных примесей - серы и фосфора; возможность ведения плавки при всех режимах и условиях производства. Создание восстановительной среды или вакуума в печи способствует хорошему раскислению и дегазации металла. Мощные электропечи удачно применяют для получения низколегированных и высокоуглеродистых сталей мартеновского сортамента. Кроме того, в электропечах получают различные ферросплавы, представляющие собой сплавы железа с элементами, которые нужно выводить в сталь для легирования и раскисления.

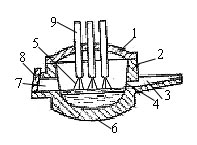
**Устройство дуговых электропечей**.

Первая дуговая электропечь в России была установлена в 1910 г. на Обуховском заводе. За годы пятилеток были построены сотни различных печей. Вместимость максимально крупной печи в СССР 200 т. Печь состоит из железного кожуха цилиндрической формы со сферическим днищем. Внутри кожух имеет огнеупорную футеровку. Плавильное пространство печи закрывается съемным сводом. Печь имеет рабочее оконце и выпускное отверстие со сливным желобом. Питание печи осуществляется трехфазным переменным током. Нагрев и плавление металла осуществляются электрическими мощными дугами, горящими между концами трех электродов и металлом, находящимся в печи. Печь основывается на 2 опорных сектора, перекатывающихся по станине. Наклон печи в сторону выпуска и рабочего окна осуществляется при помощи реечного механизма. Перед загрузкой печи свод, подвешенный на цепях, поднимают к порталу, следом портал со сводом и электродами отворачивается в сторону сливного желоба и печь загружают бадьей.

**Механическое оборудование дуговой печи**. Кожух печи должен выдерживать нагрузку от массы огнеупоров и металла. Его делают сварным из листового железа толщиной 16–50 мм в зависимости от размеров печи. Форма кожуха определяет профиль рабочего пространства дуговой электропечи. Наиболее распространенным в подлинное пора является кожух конической формы. Нижняя количество кожуха имеет форму цилиндра, верхняя доля — конусообразная с расширением кверху. Такая форма кожуха облегчает заправку печи огнеупорным материалом, наклонные стены увеличивают стойкость кладки, так как она далее расположена от электрических дуг. Используют кроме того кожухи цилиндрической формы с водоохлаждаемыми панелями. Для сохранения правильной цилиндрической формы кожух усиливается ребрами и кольцами жесткости. Днище кожуха типично выполняется сферическим, что обеспечивает наибольшую прочность кожуха и минимальную массу кладки. Днище выполняют из немагнитной стали для установки под печью электромагнитного перемешивающего девайсы. Сверху печь закрыта сводом. Свод набирают из огнеупорного кирпича в металлическом водоохлаждаемом сводовом кольце, которое выдерживает распирающие усилия арочного сферического свода В нижней части кольца имеется выступ – ножик, что входит в песчаный затвор кожуха печи. В кирпичной кладке свода оставляют 3 отверстия для электродов. Диаметр отверстий больше диаметра электрода, потому во час плавки в зазор устремляются горячие газы, которые разрушают электрод и выносят тепло из печи. Для предотвращения данного на своде устанавливают холодильники либо экономайзеры, служащие для уплотнения электродных отверстий и для охлаждения кладки свода. Газодинамические экономайзеры обеспечивают уплотнение с помощью воздушной завесы около электрода. В своде имеется ещё отверстие для отсоса запыленных газов и отверстие для кислородной фурмы. Для загрузки шихты в печи невеликий емкости и подгрузки легирующих и флюсов в крупные, печи скачивания шлака, осмотра, заправки и ремонта печи имеется загрузочное оконный проем, обрамленное литой рамой. К раме крепятся направляющие, по которым скользит заслонка. Заслонку футеруют огнеупорным кирпичом. Для подъема заслонки используют пневматический, гидравлический либо электромеханический привод. С противоположной стороны кожух имеет оконный проем для выпуска стали из печи. К окну приварен сливной желоб. Отверстие для выпуска стали может быть круглым диаметром 120—150 мм либо квадратным 150 на 250 мм. Сливной желоб имеет корытообразное сечение и приварен к кожуху под углом 10—12° к горизонтали. Изнутри желоб футеруют шамотным кирпичом, длина его составляет 1—2 м. Электрододержатели служат для подвода тока к электродам и для зажима электродов. Головки электрододержателей делают из бронзы либо стали и охлаждают водой, так как они очень нагреваются как теплом из печи, так и контактными токами. Электрододержатель должен густо зажимать электрод и иметь в распоряжении маленькое контактное сопротивление. Наиболее распространенным в подлинное период является пружинно-пневматический электрододержатель. Зажим электрода осуществляется при помощи неподвижного кольца и зажимной плиты, которая прижимается к электроду пружиной. Отжатие плиты от электрода и сжатие пружины происходят при помощи сжатого воздуха. Электрододержатель крепится на металлическом рукаве – консоли, тот скрепляется с Г-образной подвижной стойкой в одну жесткую конструкцию. Стойка может передвигаться вверх либо вниз внутри неподвижной коробчатой стойки. Три неподвижные стойки жестко связаны в одну общую конструкцию, которая покоится на платформе опорной люльки печи. Перемещение подвижных телескопических стоек происходит либо с помощью системы тросов и противовесов, приводимых в движение электродвигателями, либо с помощью гидравлических устройств. Механизмы перемещения электродов должны снабдить стремительный взлет электродов в случае обвала шихты в процессе плавления, а кроме того плавное опускание электродов во избежание их погружения в металл либо ударов о нерасплавившиеся части шихты. Скорость подъема электродов составляет 2,5—6,0 м/мин, прыть опускания 1,0— 2,0 м/мин. Механизм наклона печи должен мягко наклонять печь в сторону выпускного отверстия на уголок 40—45° для выпуска стали и на уголок 10—15 градусов в сторону рабочего окна для спуска шлака. Станина печи, либо люлька, на которой установлен остов, основывается на 2 – 4 опорных сектора, которые перекатываются по горизонтальным направляющим. В секторах имеются отверстия, а в направляющих – зубцы, при помощи которых предотвращается проскальзывание секторов при наклоне печи. Наклон печи осуществляется при помощи рейки и зубчатого механизма либо гидравлическим приводом. Два цилиндра укреплены на неподвижных опорах фундамента, а штоки шарнирно связаны с опорными секторами люльки печи. Система загрузки печи бывает двух видов: посредством завалочное оконный проем мульдозавалочной машиной и сквозь верх при помощи бадьи. Загрузку посредством оконный проем применяют только на небольших печах. При загрузке печи сверху в один-два приема в течение 5 мин меньше охлаждается футеровка, сокращается час плавки; уменьшается расход электроэнергии; эффективнее употребляется объем печи. Для загрузки печи свод приподнимают на 150—200 мм над кожухом печи и поворачивают в сторону совместно с электродами, на все сто открывая рабочее пространство печи для введения бадьи с шихтой. Свод печи подвешен к раме. Она соединена с неподвижными стойками электрододержателей в одну жесткую конструкцию, покоящуюся на поворотной консоли, которая укреплена на опорном подшипнике. Крупные печи имеют поворотную башню, в которой сосредоточены все механизмы отворота свода. Башня вращается кругом шарнира на катках по дугообразному рельсу. Бадья представляет собой железный цилиндр, диаметр которого меньше диаметра рабочего пространства печи. Снизу цилиндра имеются подвижные гибкие сектора, концы которых стягиваются сквозь кольца тросом. Взвешивание и загрузка шихты производятся на шихтовом дворе электросталеплавильного цеха. Бадья на тележке подается в цех, поднимается краном и опускается в печь. При помощи вспомогательного подъема крана трос выдергивают из проушин секторов и при подъеме бадьи сектора раскрываются и шихта вываливается в печь в том порядке, в каком она была уложена в бадье. При использовании в качестве шихты металлизованных окатышей загрузка может производиться безостановочно по трубопроводу, что проходит в отверстие в своде печи. Во момент плавления электроды прорезают в шихте 3 колодца, на дне которых накапливается жидкий металл. Для ускорения расплавления печи оборудуются поворотным гаджетом, которое поворачивает остов в одну и иную сторону на уголок в 80°. При данном электроды прорезают в шихте уже 9 колодцев. Для поворота корпуса приподнимают свод, поднимают электроды выше уровня шихты и поворачивают остов при помощи зубчатого венца, прикрепленного к

корпусу, и шестерен. Корпус печи основывается на ролики.

Рисунок . Схема рабочего пространства дуговой электропечи:



1 – куполообразный свод; 2 – стенки; 3 – желоб; 4 – сталевыпускное отверстие;  
 5 – электрическая дуга; 6 – сферический под; 7 – рабочее окно; 8 – заслонка; 9 – электроды

**Очистка отходящих газов**. Современные крупные сталеплавильные дуговые печи во момент работы выделяют в атмосферу немаленькое численность запыленных газов. Применение кислорода и порошкообразных материалов ещё больше способствует данному. Содержание пыли в газах электродуговых печей достигает 10 г/м^3 и немаловажно превышает норму. Для улавливания пыли производят отсос газов из рабочего пространства печей мощным вентилятором. Для этого в своде печи делают четвертое отверстие с патрубком для газоотсоса. Патрубок сквозь зазор, позволяющий наклонять либо вращать печь, подходит к стационарному трубопроводу. По пути газы разбавляются воздухом, необходимым для дожигания СО. Затем газы охлаждаются водяными форсунками в теплообменнике и направляются в систему труб, внутри которых пыль задерживается в результате увлажнения. Применяют ещё тканевые фильтры, дезинтеграторы и электрофильтры. Используют системы газоочистки, включающие целиком весь электросталеплавильный цех, с установкой зонтов дымоотсоса под крышей цеха над электропечами.

**Футеровка печей**. Большинство дуговых печей имеет основную футеровку, состоящую из материалов на основе MgO. Футеровка печи создает ванну для металла и играет образ теплоизолирующего слоя, уменьшающего потери тепла. Основные части футеровки – подина печи, стены, свод. Температура в зоне электрических дуг достигает нескольких тысяч градусов. Хотя футеровка электропечи отделена от дуг, она все же должна выдерживать нагрев до температуры 1700°С. В связи с данным применяемые для футеровки материалы должны иметь высокой огнеупорностью, механической прочностью, термо- и химической устойчивостью. Подину сталеплавильной печи набирают в следующем порядке. На железный кожух укладывают листовой асбест, на асбест—слой шамотного порошка, 2 слоя шамотного кирпича и ключевой слой из магнезитового кирпича. На магнезитовой кирпичной подине набивают рабочий слой из магнезитового порошка со смолой и пеком — продуктом нефтепереработки. Толщина набивного слоя составляет 200 мм. Общая толщина подины равна грубо глубине ванны и может добиваться 1 м для крупных печей. Стены печи выкладывают позже соответствующей прокладки асбеста и шамотного кирпича из крупноразмерного безобжигового магнезитохромитового кирпича длиной до 430 мм. Кладка стен может выполняться из кирпичей в железных кассетах, которые обеспечивают сваривание кирпичей в единственный монолитный блок. Стойкость стен достигает 100—150 плавок. Стойкость подины составляет один-два года. В трудных условиях работает футеровка свода печи. Она выдерживает немаленькие тепловые нагрузки от горящих дуг и тепла, отражаемого шлаком. Своды крупных печей набирают из магнезитохромитового кирпича. При наборе свода используют типичный и фасонный кирпичик. В поперечном сечении свод имеет форму арки, что обеспечивает плотное сцепление кирпичей между собой. Стойкость свода составляет 50 – 100 плавок. Она зависит от электрического режима плавки, от длительности пребывания в печи жидкого металла, состава выплавляемых стали, шлака. В подлинное пора широкое распространение получают водоохлаждаемые своды и стеновые панели. Эти элементы облегчают службу футеровки.

Ток в плавильное пространство печи подается сквозь электроды, собранные из секций, любая из которых представляет собой круглую заготовку диаметром от 100 до 610 мм и длиной до 1500 мм. В малых электропечах используют угольные электроды, в крупных – графитированные. Графитированные электроды изготавливают из малозольных углеродистых материалов: нефтяного кокса, смолы, пека. Электродную массу смешивают и прессуют, следом чего сырая заготовка обжигается в газовых печах при 1300 градусах и подвергается дополнительному графитирующему обжигу при температуре 2600 – 2800 градусах в электрических печах сопротивления. В процессе эксплуатации в результате окисления печными газами и распыления при горении дуги электроды сгорают. По мере укорачивания электрод опускают в печь. При данном электрододержатель приближается к своду. Наступает миг, когда электрод становится до того коротким, что не может помогать дугу, и его нужно наращивать. Для наращивания электродов в концах секций сделаны отверстия с резьбой, куда ввинчивается переходник-ниппель, при помощи которого соединяются отдельные секции. Расход электродов составляет 5—9 кг на тонну выплавляемой стали. Электрическая дуга—один из видов электрического разряда, при котором ток проходит посредством ионизированные газы, пары металлов. При кратковременном сближении электродов с шихтой либо дружбан с ином появляется короткое замыкание. Идет ток крупный силы. Концы электродов раскаляются добела. При раздвигании электродов между ними появляется электрическая дуга. С раскаленного катода происходит термоэлектронная эмиссия электронов, которые, направляясь к аноду, сталкиваются с нейтральными молекулами газа и ионизируют их. Отрицательные ионы направляются к аноду, положительные к катоду. Пространство между анодом и катодом становится ионизированным, токопроводящим. Бомбардировка анода электронами и ионами вызывает мощный его разогрев. Температура анода может добиваться 4000 градусов. Дуга может пылать на постоянном и на переменном токе. Электродуговые печи работают на переменном токе. В последнее час в ФРГ построена электродуговая печь на постоянном токе. В первую половину периода, когда катодом является электрод, дуга горит. При перемене полярности, когда катодом становится шихта — металл, дуга гаснет, так как в начальный отрезок времени плавки металл ещё не нагрет и его температура недостаточна для эмиссии электронов. Поэтому в начальный отрезок времени плавки дуга горит неспокойно, прерывисто. После того как ванна покрывается слоем шлака, дуга стабилизируется и горит больше гладко.

**Электрооборудование**. Рабочее натуга электродуговых печей составляет 100 – 800 В, а мощь тока измеряется десятками тысяч ампер. Мощность отдельной установки может добиваться 50 – 140 МВ\*А. К подстанции электросталеплавильного цеха подают ток напряжением до 110 кВ. Высоким напряжением питаются первичные обмотки печных трансформаторов. В электрическое оборудование дуговой печи входят следующие приборы: 1. Воздушный разъединитель, предназначен для отключения всей электропечной установки от линии высокого напряжения во пора 2. Главный автоматический выключатель, служит для отключения под нагрузкой электрической цепи, по которой протекает ток высокого напряжения. При неплотной укладке шихты в печи в начале плавки, когда шихта ещё холодная, дуги горят неустойчиво, происходят обва лы шихты и появляются короткие замыкания между электродами. При данном мощь тока грубо возрастает. Это приводит к немаленьким перегрузкам трансформатора, что может вылезти из строя. Когда мощь тока превысит установленный граница, выключатель авто матически отключает установку, для чего имеется реле максимальной силы тока. 3. Печной трансформатор нужен для преобразования высокого напряжения в низкое (с 6—10 кВ до 100—800 В) . Обмотки высокого и низкого напряжения и магнитопроводы, на которых они помещены, располагаются в баке с маслом, служащим для охлаждения обмоток. Охлаждение создается принудительным перекачиванием масла из трансформаторного кожуха в бак теплообменника, в котором масло охлаждается водой. Трансформатор устанавливают рядом с электропечью в специальном помещении. Он имеет устройство, позволяющее переключать обмотки по ступеням и таким образом ступенчато регулировать подаваемое в печь усилие. Так, к примеру, трансформатор для 200-т отечественной печи мощностью 65 МВ\*А имеет 23 ступени напряжения, которые переключаются под нагрузкой, без отключения печи. Участок электрической сети от трансформатора до электродов называется короткой сетью. Выходящие из стены трансформаторной подстанции фидеры при помощи гибких, водоохлаждаемых кабелей подают усилие на электрододержатель. Длина гибкого участка должна разрешать вырабатывать потребный наклон печи и отворачивать свод для загрузки. Гибкие кабели соединяются с медными водоохлаждаемыми шинами, установленными на рукавах электрододержателей. Трубошины прямо присоединены к головке электрододержателя, зажимающей электрод. Помимо указанных основных узлов электрической сети в нее входит различная измерительная аппаратура, подсоединяемая к линиям тока посредством трансформаторы тока либо напряжения, а ещё приборы автоматического регулирования процесса плавки.

**Автоматическое регулирование**. По ходу плавки в электродуговую печь требуется давать различное численность энергии. Менять подачу мощности позволительно изменением напряжения либо силы тока дуги. Регулирование напряжения производится переключением обмоток трансформатора. Регулирование силы тока осуществляется изменением расстояния между электродом и шихтой путем подъема либо опускания электродов. При данном натуга дуги не изменяется. Опускание либо взлет электродов производятся на автомате при помощи автоматических регуляторов, установленных на любой фазе печи. В современных печах заданная программа электрического режима может быть установлена на весь отрезок времени плавки.

**Устройство для электромагнитного перемешивания металла**. Для перемешивания металла в крупных дуговых печах, для ускорения и облегчения проведения технологических операций скачивания шлака под днищем печи в коробке устанавливается электрическая обмотка, которая охлаждается водой либо сжатым воздухом. Обмотки статора питаются от двухфазного генератора током низкой частоты, что создает бегущее магнитное поле, которое захватывает ванну жидкого металла и вызывает движение нижних слоев металла вдоль подины печи в направлении движения поля. Верхние слои металла совместно с прилегающим к нему шлаком движутся в обратную сторону. Таким образом не возбраняется послать движение или в сторону рабочего окна, что будет облегчать выход шлака из печи, или в сторону сливного отверстия, что будет благоприятствовать равномерному распределению легирующих и раскислителей и усреднению состава металла и его температуры. Этот способ в последнее миг имеет ограниченное употребление, так как в сверхмощных печах металл живо перемешивается дугами.

**Плавка стали в дуговой электропечи**.

**Подготовка материалов к плавке**. Все присадки в дуговые печи нужно прокаливать для удаления следов масла и влаги. Это предотвращает насыщение стали водородом. Ферросплавы подогревают для ускорения их проплавления. Присадка легирующих, раскислителей и шлакообразующих в современной печи во многом механизирована. На бункерной эстакаде при помощи конвейеров происходит взвешивание и раздача материалов по мульдам, которые загружаются в печь мульдовыми машинами. Сыпучие для наводки шлака вводят в электропечи бросательными машинами.

**Технология плавки**. Плавка в дуговой печи начинается с заправки печи. Жидкоподвижные нагретые шлаки очень разъедают футеровку, которая может быть повреждена и при загрузке. Если подина печи во период не будет закрыта слоем жидкого металла и шлака, то она может быть повреждена дугами. Поэтому перед началом плавки производят ремонтик – заправку подины. Перед заправкой с поверхности подины удаляют остатки шлака и металла. На поврежденные места подины и откосов – места перехода подины в стены печи – забрасывают сухой магнезитовый препарат, а в случае немаленьких повреждений – препарат с добавкой пека либо смолы.

Заправку производят заправочной машиной, выбрасывающей сквозь. насадку при помощи сжатого воздуха заправочные материалы, либо, разбрасывающей материалы по окружности с проворно вращающегося диска, что опускается в открытую печь сверху.

**Загрузка печи**. Для максимально полного использования рабочего пространства печи в центральную ее количество ближе к электродам загружают крупные части (40 %) , ближе к откосам обычный лом (45%) , на подину и на верх загрузки небольшой лом (15%) . Мелкие части должны заполнять промежутки между крупными кусками.

**Период плавления**. Расплавление шихты в печи занимает основное миг плавки. В подлинное час многие операции легирования и раскисления металла переносят в ковш. Поэтому длительность расплавления шихты в основном определяет производительность печи. После окончания завалки опускают электроды и включают ток. Металл под электродами разогревается, плавится и стекает вниз, собираясь в центральной части подины. Электроды прорезают в шихте колодцы, в которых скрываются электрические дуги. Под электроды забрасывают известь для наведения шлака, тот закрывает обнаженный металл, предохраняя его от окисления. Постепенно озерко металла под электродами становится все больше. Оно подплавляет части шихты, которые падают в жидкий металл и расплавляются в нем. Уровень металла в печи повышается, а электроды под действием автоматического регулятора поднимаются вверх. Продолжительность периода расплавления металла равна 1—3 ч в зависимости от размера печи и мощности установленного трансформатора. В отрезок времени расплавлени” трансформатор работает с полной нагрузкой и более того с 15 % перегрузкой, допускаемой паспортом, на наиболее высокой ступени напряжения. В тот самый отрезок времени мощные дуги не опасны для футеровки свода и стен, так как они закрыты шихтой. Остывшая во миг загрузки футеровка может принять немаленькое число тепла без опасности ее перегрева. Для ускорения расплавления шихты используют различные методы. Наиболее эффективным является употребление мощных трансформаторов. Так, на печах вместимостью 100 т будут установлены трансформаторы мощностью 75,0 МВ-А, на 150-т печах трансформаторы 90—125 МВ\*А и выше. Продолжительность плавления при использовании мощных трансформаторов уменьшается до 1–1,5 ч. Кроме того, для ускорения расплавления применяют топливные мазутные либо газовые горелки, которые вводят в печь или посредством рабочее оконный проем, или посредством специальное устройство в стенах. Применение горелок ускоряет нагрев и расплавление шихты, в особенности в холодных зонах печи. Продолжительность плавления сокращается на 15—20 мин. авления сокращается на 20—30 мин, а расход электроэнергии на 60—70 кВт-ч на 1 т стали. Традиционная методика электроплавки стали предусматривает работу по двум вариантам: 1) на свежей шихте, т.е. с окислением; 2) переплав отходов. При плавке по первому варианту шихта состоит из простых углеродистых отходов, малоуглеродистого лома, металлизованных окатышей с добавкой науглероживателя. Избыточное численность углерода окисляют в процессе плавки. Металл легируют присадками ферросплавов для получения стали нужного состава. Во втором варианте состав стали без малого на все сто определяется составом отходов и легирующие добавляют только для некоторой корректировки состава. Окисления углерода не производят.

**Плавка с окислением**. Рассмотрим ход плавки с окислением. После окончания периода расплавления начинается окислительный отрезок времени, задачи которого заключаются в следующем: окисление избыточного углерода, окисление и удаление фосфора; дегазация металла; удаление неметаллических включений, нагрев стали. Окислительный отрезок времени плавки начинают присадкой железной руды, которую дают в печь порциями. В результате присадки руды происходит насыщение шлака FeO и окисление металла по реакции: (FeO) =Fe+[O]. Растворенный кислород взаимодействует с растворенным в ванне углеродом по реакции [C] +[O]=CO. Происходит бурное выделение пузырей CO, которые вспенивают поверхность ванны, покрытой шлаком. Поскольку в окислительный отрезок времени на металле наводят известковый шлак с отличной жидкоподвижностью, то шлак вспенивается выделяющимися пузырями газа. Уровень шлака становится выше порога рабочего окна и шлак вытекает из печи. Выход шлака усиливают, наклоняя печь в сторону рабочего окна на маленький уголок. Шлак стекает в шлаковик) , стоящую под рабочей площадкой цеха. За пора окислительного периода окисляют 0,3—0,6 % C со средней скоростью 0,3—0,5 % С/ч. Для обновления состава шлака вместе с тем с рудой в печь добавляют известь и маленькие количества плавикового шпата для обеспечения жидкоподвижности шлака. Непрерывное окисление ванны и скачивание окислительного известкового шлака являются непременными условиями удаления из стали фосфора. Для протекания реакции окисления фосфора 2[P]+5[O]=(P2O5) ; (Р2O5) +4(СаО) ==(СаО) 4\*P2O5 нужны высокое содержание кислорода в металле и шлаке, повышенное содержание CaO в шлаке и пониженная температура. В электропечи первые 2 условия целиком выполняются. Выполнение последнего условия обеспечивают наводкой свежего шлака и постоянным обновлением шлака, так как шлак, насыщенный (СаО) 4\*P2O5 скачивается из печи. По ходу окислительного периода происходит дегазация стали—удаление из нее водорода и азота, которые выделяются в пузыри СО, проходящие посредством металл. Выделение пузырьков СО сопровождается кроме того и удалением из металла неметаллических включений, которые выносятся на поверхность потоками металла либо поднимаются ввысь совместно с пузырьками газа. Хорошее кипение ванны обеспечивает перемешивание металла, выравнивание температуры и состава. Общая продолжительность окислительного периода составляет от 1 до 1,5 ч. Для интенсификации окислительного периода плавки, а кроме того для получения стали с низким содержанием углерода, в частности хромоникелевой нержавеющей с содержанием углерода <=0,1 %, металл продувают кислородом. При продувке кислородом окислительные процессы грубо ускоряются, а температура металла повышается со скоростью эдак 8— 10 С/мин. Чтобы металл не перегрелся, вводят охлаждающие добавки в виде стальных отходов. Применение кислорода является единственным способом получения низкоуглеродистой нержавеющей стали без значительных потерь ценного легирующего хрома при переплаве. Окислительный отрезок времени заканчивается, когда содержание углерода становится ниже заданного предела, содержание фосфора 0,010%, температура металла немного выше температуры выпуска стали из печи. В конце окислительного периода шлак стараются всецело прибирать из печи, скачивая его с поверхности металла.

**Восстановительный отрезок времени плавки**. После скачивания окислительного шлака начинается восстановительный отрезок времени плавки. Задачами восстановительного периода плавки являются: раскисление металла, удаление серы, корректирование химического состава стали, регулирование температуры ванны, подготовка жидкоподвижного неплохо раскисленного шлака для обработки металла во пора выпуска из печи в ковш. Раскисление ванны, т.е. удаление растворенного в ней кислорода, осуществляют присадкой раскислителей в металл и на шлак. В начале восстановительного периода металл покрывается слоем шлака. Для данного в печь присаживают шлакообразующие смеси на основе извести с добавками плавикового шпата, шамотного боя, кварцита. В качестве раскислителей как правило используют ферромарганец, ферросилиций, алюминий. При введении раскислителей происходят следующие реакции: [Mn]+[O]=(MnO) ; [Si]+2 [О] = (SiO2) ; 2[Al]+ 3[O]-(Al2O3) . В результате процессов раскисления немаленькая доля растворенного кислорода связывается в оксиды и удаляется из ванны в виде нерастворимых в металле неметаллических включений. Процесс тот самый протекает довольно одним духом и продолжительность восстановительного периода в основном определяется временем, необходимым для образования подвижного шлака. В малых и средних печах при выплавке ответственных марок сталей продолжают употреблять приём диффузионного раскисления стали сквозь шлак, когда раскислители в виде молотого электродного боя, порошка ферросилиция присаживают на шлак. Содержание кислорода в шлаке понижается и в соответствии с законом распределения кислород из металла переходит в шлак. Метод тот самый, вообще и не оставляет в металле оксидных неметаллических включений, требует немаловажно большей затраты времени. В восстановительный отрезок времени плавки, а кроме того при выпуске стали под слоем шлака, когда происходит отличное перемешивание металла со шлаком, бойко происходит десульфурация металла. Этому способствует отличное раскисление стали и шлака, высокое содержание извести в шлаке и высокая температура. В ходе восстановительного периода вводят легирующие – ферротитан, феррохром и др., а кое-какие, к примеру никель, присаживают сообща с шихтой. Никель не окисляется и не теряется при плавке. Добавки тугоплавких ферровольфрама, феррониобия производят в начале рафинирования, так как необходимо значительное пора для их расплавления. В подлинное период большинство операций восстановительного периода переносят из печи в ковш. Например, в кош вводят порции легирующих либо дают их на струю стали, вытекающей из печи при ее наклоне. Присаживают по ходу выпуска раскислители. Целью восстановительного периода является обеспечение нагрева стали до заданной температуры и создание шлака, десульфурирующая способность которого употребляется при совместном выпуске из печи вкупе со сталью.

**Одношлаковый ход**. В связи с интенсификацией процесса электроплавки в последние годы получил немаленькое распространение способ плавки в дуговой печи под одним шлаком. Сущность данного способа содержится в следующем: дефосфорация металла совмещается с периодом расплавления. Во время расплавления из печи скачивают шлак и производят добавки извести. В окислительный отрезок времени выжигают углерод. По достижении в металле << 0,035 % Р производят раскисление стали без скачивания шлака ферросилицием и ферромарганцем. Затем присаживают феррохром и проводят сокращенный (50—70 мин) восстановительный отрезок времени с раскислени-ем шлака порошками ферросилиция и кокса и раскислением металла кусковыми раскислителями. Окончательное раскисление производят в ковше ферросилицием и алюминием. В некоторых случаях совсем не проводят раскисления шлака в печи порошкообразными раскислителями.

**Переплав отходов**. На заводах специальных сталей число образующихся отходов достигает 25—40 % от выплавляемой стали. Часть отходов поступает с машиностроительных заводов, потому в электросталеплавильных цехах 50 % легированных сталей выплавляют из шихты, состоящей только из них. Рациональное употребление отходов дает немаленькую экономию легирующих, электроэнергии, повышает производительность электропечей. В СССР легированные отходы разделяют на 82 группы. При расчете шихты стремятся применять максимальное число отходов этой марки стали либо максимально близких марок Шихту составляют с таким расчетом, чтобы содержание углерода в ванне по расплавлении было на 0,05— 0,10 % ниже заданного маркой стали. Необходимые легирующие, неокисляющиеся добавки Ni Cu, Mo, W загружают сообща с шихтой, а другие – V, Тi, Cr, Mn, Al, Si, Nb – стремятся вводить как разрешается позднее на разных стадиях плавки, в том числе и во момент выпуска в ковш. Металл заданного состава получают в процессе рафинировки либо в ковше. Во пора плавки наводят высокоосновной, жидкоподвижный шлак, что частично скачивают из печи. Это позволяет удалить до 30 % фосфора. Если состав металла близок к расчетному, то, не скачивая шлака, приступают к раскислению шлака молотым коксом, ферросилицием и алюминием. При данном легирующие элементы восстанавливаются из шлака и переходят в металл, в частности, так восстанавливается оксид хрома: 2(Cr2O3) +3 (Si) =3(SiO2) +4 [Cr]. Продолжительность восстановительного периода в данном варианте технологии такая же, как и в плавках с окислением. Плавка на отходах существенно короче (примерно на 1 ч) по сравнению с плавкой на свежей шихте за счет окислительного периода. Это увеличивает производительность электропечей на 15—20 % и сокращает расход электроэнергии на 15 %.

**Методы интенсификации электросталеплавильного процесса.**

**Применение кислорода**. Использование газообразного кислорода в окислительный отрезок времени плавки и в отрезок времени расплавления позволяет существенно интенсифицировать процессы расплавления и окисления углерода.

**Применение синтетического шлака**. Этот алгоритм предусматривает перенесение рафинирования металла из электропечи в разливочный ковш. Для рафинирования металла выплавляют синтетический шлак на основе извести (52–55%) и глинозема (40%) в специальной электродуговой печи с угольной футеровкой. Порцию, жидкого, горячего, активного шлака (4–5 % от массы стали, выплавленной в электропечи) наливают в первостепенный сталеразливочный ковш. Ковш подают к печи и в него выпускают сталь. Струя стали, падая с большущий высоты, ударяется о поверхность жидкого шлака, разбивается на мелкие капли и вспенивает шлак. Происходит перемешивание стали со шлаком. Это способствует активному протеканию обменных процессов между металлом и синтетическим шлаком. В первую очередность протекают процессы удаления серы благодаря низкому содержанию FeO в шлаке и кислорода в металле; повышенной концентрации извести в шлаке, высокой температуре и перемешиванию стали со шлаком. Концентрация серы может быть снижена до 0,001 %. При данном происходит значительное удаление оксидных неметаллических включений из стали благодаря ассимиляции, поглощению данных включений синтетическим шлаком и перераспределению кислорода между металлом и шлаком.

**Обработка металла аргоном**. После выпуска стали из печи посредством объем металла в ковше продувают аргон, что подают или посредством пористые пробки, зафутерованные в днище, или посредством швы кладки подины ковша. Продувка стали в ковше аргоном позволяет выровнять температуру и химический состав стали, понизить содержание водорода, удалить неметаллические включения, что в конечном итоге позволяет повысить механические и эксплуатационные свойства стали.

**Применение порошкообразных материалов**. Продувка стали в дуговой электропечи порошкообразными материалами в токе газаносителя (аргона либо кислорода) позволяет ускорить важнейшие процессы рафинирования стали: обезуглероживание, дефосфорацию, десульфурацию, раскисление металла. В струе аргона либо кислорода в ванну вдуваются порошки на основе извести, плавикового шпата. Для раскисления металла используют порошкообразный ферросилиций. Для окисления ванны и для ускорения удаления углерода и фосфора добавляют оксиды железа. Мелкораспыленные твердые материалы, попадая в ванну металла, имеют немаленькую поверхность контакта с металлом, во хоть отбавляй раз превышающую площадь контакта ванны со шлаковым слоем. При данном происходит интенсивное перемешивание металла с твердыми частицами. Все это способствует ускорению реакций рафинирования стали. Кроме того, порошкообразные флюсы могут употребляться для больше быстрого наведения шлака.

**Плавка в кислой электропечи**. Кислые электропечи футеруют огнеупорными материалами на основе кремнезема. Эти печи имеют больше глубокие ванны и в связи с данным меньший диаметр кожуха, меньшие тепловые потери и расход электроэнергии. Стойкость футеровки свода и стен кислой печи немаловажно выше, чем у центровой. Это объясняется малой продолжительностью плавки. Печи с кислой футеровкой вместимостью 1—3 т применяются в литейных цехах для производства стального литья и отливок из ковкого чугуна. Они допускают периодичность в работе, т.е. работу с перерывами. Известно, что основная футеровка резво изнашивается при частом охлаждении. Расход огнеупоров на 1 т стали в кислой печи ниже. Кислые огнеупоры дешевле, чем основные. В кислых печах быстрее разогревают металл до высокой температуры, что нужно для литья. Недостатки кислых печей связаны раньше всего с характером шлака. В данных печах шлак кислый, состоящий в основном из кремнезема. Поэтому эдакий шлак не позволяет удалять из стали фосфор и серу. Для того чтобы располагать содержание данных примесей в допустимых пределах, нужно подбирать специальные шихтовые материалы, чистые по фосфору и по сере. Кроме того, кислая сталь обладает пониженными пластическими свойствами по сравнению с главный сталью вследствие присутствия в металле высококремнистых неметаллических включений. Технология плавки в кислой электропечи имеет следующие особенности. Окислительный отрезок времени плавки непродолжителен, кипение металла идет слабо, так как кремнезем связывает РеО в шлаке и тем самым прыть перехода кислорода в металл для окисления углерода снижается. Кислый шлак больше вязкий, он затрудняет кипение. Шлак наводят присадками песка, использованной формовочной земли. Известь присаживают до содержания в шлаке не больше 6—8 % СаО. Раскисление кислой стали проводят, как правило, присадкой кускового ферросилиция. Частично сталь раскисляется кремнием, что восстанавливается из шлака либо из футеровки по реакциям: (SiO2) +2Fe=2(FeO) +[Si]; (SiO2) +2[C]=2CO+[Si]. В различие от основного процесса при кислом ферромарганец присаживают в конце плавки в раздробленном виде в ковш. При таком способе усваивается до 90 % марганца. Конечное раскисление проводят алюминием.

**Получение низкоуглеродистой коррозионностойкой стали (процессы AOD и VOD)**

Широкое распространение получают методы производства низкоуглеродистой коррозионностойкой стали за пределами электропечи. Метод AOD. В электропечи выплавляют основу нержавеющей стали, содержащей заданное число хрома и никеля, с использованием недорогих, высокоуглеродистых ферросплавов. Затем сталь совместно с печным шлаком заливают в конвертер. Футеровка конвертера изготовлена из магнезитохромитового кирпича. Стойкость футеровки до 200 плавок. В нижней зоне футеровки, в третьем ряду кирпичной кладки от днища конвертера. Фурмы представляют собой конструкцию из медной внутренней трубы и наружной трубы из нержавеющей стали, внутренний диаметр фурмы 12—15 мм. Начальное содержание углерода в стали может быть для ферритных хромистых сталей 2,0—2,5 %, а для аустенитных сталей 1,3—1,7 %. В первые 35 мин сталь продувают смесью кислорода и аргона в соотношении 3: 1. Во избежание перегрева металла в о, конвертер присаживают лом — этой марки стали, феррохром и т.п. Затем в течение 9 мин сталь продувают смесью кислорода и аргона в соотношении 1: 1. В это час концентрация углерода снижается до 0,18%. В третьем периоде в продувочном газе ещё больше уменьшают касательство кислорода к аргону до 1: 2, продувку продолжают ещё 15 мин. За это момент содержание углерода снижается до 0,035%. Температура повышается до 1720°С. В конце продувки присаживают известь и ферросилиций для восстановления хрома из шлака. После восстановления шлак, содержащий 1 % Cr2O3, скачивается и после этого наведения нового шлака проводят окончательную продувку аргоном. При данном в шлак переходит сера, ее содержание в металле снижается до 0,010 %. В результате процесса AOD получают высококачественную нержавеющую сталь с низким содержанием углерода, серы, азота, кислорода, сульфидных и оксидных неметаллических включений, с высокими механическими свойствами. Для повышения экономичности процесса аргон частично заменяют азотом. Средняя продолжительность продувки составляет 60—120 мин, расход аргона составляет 10—23 м^3/т, кислорода 23 м^3/т. На рис. 82 представлено трансформирование температуры и состава металла. Степень извлечения хрома составляет 98%.

**Метод VOD**. Этот приём вакуумно-кислородного обезуглероживания с продувкой аргоном. В основе способа лежит осуществление реакции [C]+[O]=CO, равновесие которой в вакууме сдвигается в правую сторону. Чем ниже парциальное давление СО, тем ниже должна быть остаточная концентрация углерода в стали. При данном создаются благоприятные условия для восстановления оксида хрома углеродом, что позволяет проводить ход обезуглероживания без заметных потерь хрома со шлаком. Коррозионностойкую сталь выплавляют в электропечи с довольно высоким содержанием углерода (0,3—0,5 %) ; сталь выпускают в особый ковш с хромомагнезитовой футеровкой, имеющим в днище фурму для подачи аргона. Ковш устанавливают в вакуумную камеру, откачивают воздух и начинают продувку кислородом сверху сквозь водоохлаждаемую фурму, которую вводят в камеру сквозь крышку. Одновременно производится продувка аргоном посредством дно ковша. После окончания продувки проводят присадку раскислителей и легирующих для корректировки состава. Расход аргона в данном способе немаловажно ниже чем в AOD (всего 0,2 м^3/т) . Получаемая сталь содержит весьма низкие концентрации углерода (0,01 %) при низком содержании азота. Окисление хрома незначительное. Для удаления серы в ковш загружают известь, что позволяет вслед за тем раскисления и кратковременного перемешивания аргоном снизить концентрацию серы в металле до необходимых пределов. По сравнению с процессом AOD тот самый приём больше сложен и применяется для производства сталей ответственного назначения с низким содержанием углерода. К достоинствам того и иного процесса следует отнести экономию дорогого низкоуглеродистого феррохрома, просто использовавшегося при получении нержавеющей стали в дуговых печах, а кроме того достижение низких содержаний углерода без значительных потерь хрома.

2. Динамика трудозатрат при развитии технологического процесса производства стали.

Исходя из динамики трудозатрат ,различают 2 возможных варианта развития технологического процесса – ограниченное и неограниченное . Построим график изменения живого и прошлого труда для определения варианта развития техпроцесса. Мы имеем следующие данные : Тж=1000/(3t**²** + 1200) и Тп=0,002t**²** + 0,8:

Таблица 2.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| t | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Тж | 0,831 | 0,825 | 0,815 | 0,801 | 0,784 | 0,765 | 0,742 | 0,718 | 0,693 | 0,667 |
| Тп | 0,802 | 0,808 | 0,818 | 0,832 | 0,85 | 0,872 | 0,898 | 0,928 | 0,962 | 1 |
| Тж+Тп = Тс | 1,633 | 1,633 | 1,633 | 1,633 | 1,634 | 1,637 | 1,640 | 1,646 | 1,655 | 1,667 |
| Тж / Тп | 1,036 | 1,021 | 0,996 | 0,963 | 0,923 | 0,877 | 0,827 | 0,774 | 0,720 | 0,667 |
| (Tж) ' = dТж / dТп | 1,036 | 1,021 | 0,996 | 0,963 | 0,923 | 0,877 | 0,827 | 0,774 | 0,720 | 0,667 |



**Рис. 2.1. Ограниченная динамика трудозатрат.**

С помощью графика и аналитической таблицы удается установить , что в нашем случае имеет место ограниченный вариант развития. И момент времени, до которого развитие целесообразно равен t\* ≈ 3,01

В нашем техпроцессе имеет место трудосберегающий техпроцесс, потому что Тж уменьшается, а Тп – возрастает.

Установим в какой степени снижаются затраты живого труда по мере роста затрат прошлого труда,т.е. определим тип отдачи от дополнительных затрат прошлого труда и соответствующего уменьшения труда живого. Для этого найдем отношение (Тж)’=dТж/dТп.



(Данное соотношение отражено в таблице 2.1) Мы видим ,что значение отношения убывает => реализуется убывающий тип отдачи дополнительных затрат овеществленного труда.

### 3. Уровень технологии технологического процесса*.*

В нашем техпроцессе мы обнаруживаем ограниченный путь развития, который называется рационалистическим. Он связан с уменьшением затрат живого труда за счет роста затрат прошлого труда. Вместе с тем живой труд уменьшается в большей степени, чем возрастет прошлый труд. Рационалистическое(эволюционное) развитие с экономической точки зрения всегда предпочтительнее, чем путь эвристического (революционного) развития технологического процесса. Это связано с дополнительными затратами на научно-исследовательские, работы при эвристическом совершенствовании технологии. Однако путь рационалистического развития принципиально ограничен.Рассчитаем параметры технологического процесса L , B , Y для момента времени t=3.

Воспользуемся моделью рационалистического развития техпроцесса.

**L=** **(3.1.)** где L- производительность труда ; B - технологическая вооруженность ; Y- уровень технологии, Y\*-относительный уровень технологии.

L=1/Тж =1,2270

B=Тп/Тж =1,0037

У=(1/Тж)\*(1/Тп ) =1,2315

У\*=У/L=1/Тп=1,2225

Это соотношение справедливо для механизированных процессов и является математической моделью закона рационалистического развития тех. процесса.

Таблица 3.1

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Годы**(t)** | **L=1/Тж** | **B=Тп/Тж** | **У=(1/Тж)\*(1/Тп)** | **У\*=У/L=1/Тп** |
| 1 | 1,2030 | 0,9648 | 1,1607 | 1,2469 |
| 2 | 1,2120 | 0,9793 | 1,1869 | 1,2376 |
| 3 | 1,2270 | 1,0037 | 1,2315 | 1,2225 |
| 4 | 1,2480 | 1,0383 | 1,2958 | 1,2019 |
| 5 | 1,2750 | 1,0838 | 1,3818 | 1,1765 |

Очевидно , что У\*>L на протяжение первых 3-х лет, отсюда следует , что рационалистическое развитие техпроцесса производства извести целесообразно до 3 года включительно. Далее оно становиться нецелесообразным

4. Структура технологического процесса.

Технологический процесс производства строительной извести состоит из следующих основных стадий , представленных на рисунке 4.1

Чугун, стальной скрап, металлолом,

Топливо (или кислород),

флюс

Окисление Mn, Si, C, S, P

Раскисление,

лигирование

Сталь

плавление

Рис. 4.1 Схема технологического процесса производства стали в дуговой сталеплавильной печи

Подготовка сырья Заправка

Загрузка

Плавление

Окисление

Скачка шлака

Раскисление , лигирование

Слив стали

Рис 4.2. Пооперационная структура технологического процесса производства стали в дуговой сталеплавильной печи:

**-** предметные связи; - временные связи.

|  |
| --- |
| ВСПОМОАТЕЛЬНЫЙ ПЕРЕХОД |
| ЗАГРУЗКА ТОПЛИВА И СЫРЬЯ |

|  |
| --- |
| ВСПОМОАТЕЛЬНЫЙ ПЕРЕХОД |
| ПОДАЧА ВОЗДУХА В ПЕЧЬ |

|  |
| --- |
| ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПЕРЕХОД |
| ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЕ ПРЕВРАЩЕНИЕ ИСПОЛЬЗУЕМОГО СЫРЬЯ |

|  |
| --- |
| ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ ПЕРЕХОД |
| ОТВОД ГАЗОВ |

|  |
| --- |
| ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ ПЕРЕХОД |
| отвод стали и шлака |

Рис 4.3. Структура операций процесса производства извести:

**-** предметные связи; - временные связи.

**5. Анализ перспективных направлений развития технологического процесса производства стали в электропечах**

Можно выделить следующие основные технологические направления работ по модернизации производства стали в дуговых электрических печах:

комплексное использование сырья;

более глубокое обогащение руд, максимально возможная переработка накопленного и образующегося металлического лома с целью снижения энергетических затрат;

минимизация издержек производства, включая транспортные расходы на перевозку сырья и готовой продукции;

организация производства отдельных видов металлопродукции, снижающих уделбную металлоемкость национального дохода, включая холоднокатанный лист, коррозионно-защищенные металлические изделия, холодногнутые профили и др.;

повышение качества стальной заготовки (содержание химических элементов в узких пределах, бездефектная поверхность, качественная макро- и микропродукция.

Повышение эффективности работы дуговых сталеплавильных печей возможно за счет применения автоматизированной системы контроля и управления (АСКиУ) технологией выплавки стали.

Общеизвестно, что на сегодняшний день экономически наиболее целесообразной является выплавка высококачественной стали в дуговых сталеплавильных печах переменного тока (ДСП).

На многих существующих ДСП, разработанных 15-20 и более лет назад, используется аналоговая или простейшая цифровая система управления, которая уже морально устарела и не соответствует современным требованиям к производительности печи, удельному расходу энергии, качеству выплавляемой стали, надежности и т.д. Вместе с тем в последнее время наметился качественный скачок в области микропроцессорных систем автоматического управления и электрического привода, связанный с новым подходом к решению задач управления, проектирования систем управления и автоматизации, новыми технологиями монтажа и наладки. Существующие системы управления ДСП реализуют достаточно простые законы управления и имеют низкое быстродействие, определяемое датчиками и исполнительными устройствами. Это, в свою очередь, ведет к высокому удельному расходу электроэнергии и низкому качеству выплавляемой стали.

Все эти требования можно удовлетворить при использовании современных программируемых контроллеров, приводов перемещения электродов на нижнем уровне автоматизации и промышленных ЭВМ на верхнем. При этом существенную роль играют алгоритмы регулирования и быстродействие отдельных элементов системы. Последнее связано с тем, что одним из основных параметров, определяющих и качество стали, и удельный расход электроэнергии, является дисперсия тока дуги, а ее снижение следует считать одной из главных задач модернизации печи.

Раньше в качестве регулируемого электропривода традиционно использовался привод постоянного тока. В конструкции двигателя постоянного тока имеется коллектор и щеточный аппарат, что усложняет эксплуатацию двигателя, приводя к дополнительным расходам на его техническое обслуживание. Асинхронный двигатель имеет прочную конструкцию, надежен и практически не требует обслуживания, а совместно с частотно-регулируемым приводом обеспечивает характеристики, аналогичные приводам постоянного тока

В результате модернизации системы управления ДСП возможны следующие изменения:

•- аналоговый регулятор мощности дуги заменяется на цифровой, построенный на базе программируемого логического контроллера;

• тиристорные электроприводы постоянного тока заменяются частотно-регулируемыми асинхронными на основе преобразователей частоты;

• электродвигатели постоянного тока в приводе перемещения электродов заменяются на асинхронные;

• системы автоматики, защит и диагностики выполняются программно;

• пульт оператора заменяется на новый, выполненный на основе цветного промышленного монитора. С монитора осуществляется ввод заданий на текущую плавку, отображается состояние печи, системы защит и автоматики;

• пульт сталевара, мастера заменяется на современные, с которых возможно также плавное управление движениями ДСП, без использования коммандо-контроллеров;

• управление переключателем ступеней напряжения заменяется на цифровое, построенное на базе программируемого логического контроллера;

Необходимо увеличить применение современной микропроцессорной техники, что ещё в большей степени позволит реализовать оригинальный алгоритм регулятора мощности дуги, существенно увеличить точность и скорость перемещения электродов, что обеспечит стабилизацию мощности дуги в необходимых пределах.

Для комплексного решения задачи рационального управления технологией требуется значительное расширение информационной базы за счет оперативного контроля параметров, отражающих текущее состояние процесса, а также параметров входа и выхода. Наряду с автоматическим контролем массы шихты, сплава и шлака, температуры металла на выпуске и в характерных точках внешней поверхности печи, необходимо контролировать постоянную составляющую напряжения дуги. Изменение последнего параметра отражает изменение температуры металла и состава шлака.

Процесс накопления расплава можно отследить по изменению его электрического сопротивления. В Институте металлургии УрО РАН разработан и апробирован в автоматизированной системы управления АСУ метод определения электрических параметров зон рабочего пространства ферросплавной печи. Его адаптация к условиям сталеплавильного процесса позволит оперативно (с частотой выше 1 измерения в секунду) контролировать распределение энергии по зонам дуги и расплава.

Программная реализация метода возможна лишь при переходе от определения действующих значений исходных электрических сигналов к анализу их мгновенных значений и динамической вольт-амперной характеристики полезной нагрузки. Это требует замены медленных аналогоцифровых преобразователей быстродействующими, что не значительно, но повышает стоимость аппаратурного обеспечения. Однако указанный переход позволяет построить автоматический регулятор (АР), функционирующий по принципу симметрирования активной мощности дуг, и существенно расширить круг контролируемых параметров состояния процесса.

**Заключение.**

1. Сталь является одним из важнейших материалов практически во всех сферах производства.

2.Дуговые электрические печи являются одними из наиболее совершенных сталеплавильных агрегатов для производства стали и сплавов.

3. Основные преимущества способа получения стали в электрических печах - возможность создания высокой температуры в плавильном пространстве печи (более 2000 'С) и выплавки стали и сплавов любого состава; использование известкового шлака (до 50...60 % СаО), способствующего хорошему очищению металла от вредных примесей - серы и фосфора; возможность ведения плавки при всех режимах и условиях производства.

4. Главным недостатком электрических печей является большой расход электроэнергии, поэтому главной задачей совершенствования является снижение элктропотребления.

5. Также необходимо улучшить допечную обработку сырья.

**Список литературы:**

1. М а р и н ч е н к о В. А., Электрооборудование дуговых печей трехфазного тока, Металлургиздат, 1955.

2. Электроплавильные печи черной металлургии, 3 изд., М., 1950.

Б. С. Барский.

3. Производство стали в дуговых печах, Материалы конференции, изд-во «Металлургия», 1967.

4. Линчевский Б.В., Соболевский А.Л., Кальменев А.А. (1986) Металлургия черных металлов.

*5*. Основы металлургического производства (черная металлургия)

Москва «Металлургия» 1988

6. В.Г. Антипин, С.З. Афонин, Л.К. Косырев "О направлении развития и структуре сталеплавильного производства", "Сталь" №3 1993 г.

7. Марочник сталей и сплавов, Машиностроение, 1989 г.

8. В. П., Дуговые вакуумные печи и электронные плавильные установки, Металлургиздат, 1962.

9. Сисоян Г. А., Электрическая дуга в электрической печи, Металлургиздат, 1961.