**УСТАНОВКА И СПОСОБ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ РАСПЛАВОВ ЖЕЛЕЗА**

**Патент Российской Федерации**

**Суть изобретения**

Изобретение относится к области металлургии. Желаемым техническим результатом является получение возможности экономичной переработки различных носителей железа в изменяющихся количественных составах. Установка для получения расплавов железа (24), в частности расплавов стали, таких, как нерафинированная сталь, оснащена: емкостью электродуговой печи (1), емкостью для переплава (3), расположенной за емкостью печи (1) и соединенной с ней сливом (34), который переходит в дно емкости для переплава за счет как минимум частичного наклона вниз. Емкость (3) содержит устройство подачи кислорода (35, 36), отвод для расплава железа (41), размещенный у ее конца, дальнего от емкости печи (1). Установка также имеет емкость для сцеживания (2), расположенную за емкостью печи (1) и имеющую с ней общее дно, емкость (2) имеет отвод для шлака (43), размещенный у ее конца, дальнего от емкости печи (1); устройство подачи (21) для подачи жидкого чушкового чугуна (20) и открывающееся в емкость печи (1); шахту предварительного нагрева (5) для подачи твердых носителей железа (7). Шахта для предварительного нагрева расположена над емкостью (1) и открывается в емкость (1) через ее крышку (4) посредством газопроницаемого охлаждаемого изолирующего устройства (6); загрузочную шахту (10), расположенную над емкостью печи (1) и открывающуюся в емкость (1) посредством газонепроницаемого охлаждаемого изолирующего устройства (11). Способ получения расплавов железа включает загрузку в емкость печи (1) 20 - 70% жидкого чушкового чугуна от общего количества загружаемых носителей железа: предварительно нагретого лома и твердых кусковых носителей железа, содержащих часть окисного железа, например губчатое железо, карбид железа, предварительно восстановленную руду, брикетированную пыль и т.д. Расплав железа, текущий через емкость для переплава (3), подвергают непрерывному переплаву и одновременному нагреву в емкостях (1) и (3). Шлак, текущий в направлении, противоположном потоку расплава, непрерывно восстанавливают в отношении его FeO-компонента и одновременно охлаждают. 2 с. и 20 з.п. ф-лы, 2 табл., 6 ил.

Номер патента: 2147039

Класс(ы) патента: C21C5/52, C21C5/56, F27B3/08

Номер заявки: 97118334/02

Дата подачи заявки: 09.04.1996

Дата публикации: 27.03.2000

Заявитель(и): Фоест-Альпине Индустрианлагенбау ГмбХ (AT)

Автор(ы): Димитров Стефан (AT); Рамаседер Норберт (AT); Пирклбауэр Вилфред (AT); Фриц Эрнст (AT); Мюллер Хейнц (AT)

Патентообладатель(и): Фоест-Альпине Индустрианлагенбау ГмбХ (AT)

**Описание изобретения**

Изобретение относится к установке для получения расплавов железа, в частности расплавов стали, таких как расплавы нерафинированной стали, а также к способу получения таких расплавов.

В настоящее время типовой агрегат для получения электротехнической стали представляет собой электродуговую печь переменного или постоянного тока. Загружаемые носители железа, которые состоят из: 70 - 100% стального лома, железа, полученного прямым восстановлением, то есть губчатого железа, в различных количественных соотношениях, и, возможно, карбид железа (обычно до 10 - 15% общей загрузки) и 2 0-30% жидкого и/или твердого чушкового чугуна, плавят при посредстве одной или нескольких электрических дуг с использованием кислородной фурмы (фурм) - если это желательно, горелки (горелок), сопел и/или продувки инертного газа - и при добавлении носителей углерода и шлакообразующих веществ. После этого стальную ванну в электродуговой печи в течение периода спокойной ванны (5 - 10 мин) доводят до температуры и состава, требуемых для отвода, и раскисляют в ковше во время отвода. Потребление энергии и материала, а также производительность установки сильно изменяется как функция соответствующих загрузочных соотношений и технологии плавления.

Благодаря внедрению во всем мире вторичных металлургических процессов, а также ряда доработок в конструкционной, электрической и технологической части электродуговых печей, таких как, например, охлаждаемые панели и крышки, улучшенное качество электродов и использование охлаждения электродов, введение электродуговых печей постоянного тока в дополнение к электродуговым печам переменного тока, повышенные выходные мощности преобразования, использование горелок, фурм, сопел и/или продувочных кирпичей для плавления, нагрева, переплава, продувки твердых веществ и/или продувки инертного газа; использование токопроводящих электродных скоб, а также регулировки электродов; оптимизация формы и размера печи (включая отводное отверстие); обработка вспененного шлака; предварительный нагрев лома различными способами; использование губчатого железа, если это желательно, в виде горячей загрузки, способ плавления в электродуговой печи за последние два десятилетия превратился в гибкий и эффективный процесс в смысле использования сырья и качества получаемой стали, который показывает все более и более существенные преимущества по сравнению с конвертерной металлургией и составляет ей серьезную конкуренцию.

При помощи новых технологических усовершенствований было достигнуто значительное уменьшение времени плавления и удельного потребления электроэнергии, а следовательно, и сокращение удельных эксплуатационных расходов и капиталовложений для производства электротехнической стали в электродуговых печах, путем применения встроенного приспособления для предварительного нагрева лома и/или горячей загрузки губчатого железа/железа, полученного прямым восстановлением и горячим брикетированием; непрерывного добавления большой доли загрузочных веществ (носителей железа, носителей углерода, флюсов и т. д.) при одновременной минимизации времени выключения электроэнергии для проведения загрузочных операций; оптимальной обработки вспененного шлака; более дешевых источников первичной энергии (уголь, природный газ и т. д. ) в качестве замены электроэнергии, включая частичное дожигание CO/H2 внутри и/или выше вспененного шлака.

Однако в известных способах производства электротехнической стали посредством электродуговых печей, используемых в качестве плавильных агрегатов, потенциальные преимущества вышеупомянутых усовершенствований до сих пор использовались лишь в ограниченной степени. Кроме того, они не решают в достаточной степени - несмотря на возросшие требования - проблемы переработки в жидкую сталь больших количеств жидкого чушкового чугуна и/или других обогащенных углеродом носителей железа (губчатого железа, карбида железа и т.д.), а также имеющегося в избытке лома (утилизированных автомобилей), в количестве 30-70% загружаемых в электродуговые печи, с высокой производительностью и высоким коэффициентом использования энергии, а в случае использования автомобильного лома - также при низком загрязнении окружающей среды. Технология и установка на основе электродуговой печи, высокоэффективные в таких условиях с экономической точки зрения, до сих пор не созданы.

Вышеупомянутые ограничения, существующие при использовании электродуговых печей, обусловлены исключительно конфигурацией печей, которая не обеспечивает квазистационарное непрерывное протекание процесса. Операции загрузки, плавления, переплава, нагрева и отвода осуществляются на одном участке, с необходимостью большего или меньшего сдвига по времени и с прерыванием (прерываниями) загрузки и текущей подачи - по крайней мере до и после отвода - для того чтобы получить желаемый состав и температуру (гомогенность и перегрев в отношении температуры ликвидуса) нерафинированной стали. В настоящее время протекание процесса в электродуговой печи является периодическим, что ограничивает его эффективность. В связи с этим замечено следующее:

1) при достижении периодов от выпуска до выпуска 55 - 60 мин с весом выгрузки 70 - 150 тонн возможность дальнейшего снижения фазы выключения электроэнергии сильно ограничена. Это же относится и к фазам включения электроэнергии, поскольку в этих условиях почти достигаются пределы экономичного потребления энергии на тонну загрузки и единицу времени и, следовательно, общего времени плавления;

2) начиная с определенного размера кусков, непрерывная загрузка лома становится практически невозможной. Тяжелый и массивный лом загружается при помощи корзины для лома при выключении электроэнергии;

3) при непрерывной загрузке, а также при переплаве и нагреве во время операции спокойной ванны, которая занимает значительно большее время при больших загрузочных количествах губчатого железа и особенно жидкого чушкового чугуна и карбида железа (около 6,1% C), фактическая выходная мощность преобразования, как правило, в электродуговых печах используется не полностью.

Из AT-В-295566 известен способ непрерывного производства стали путем плавления предварительно восстановленной руды и последующего переплава расплава стального полуфабриката до получения стали. Процесс осуществляют в электродуговой плавильной печи, содержащей плавильный под, с которым соединяется зона переплава и как минимум одна камера для осаждения шлака. В этом способе предварительно восстановленную железную руду вводят в зону электрической дуги плавильного пода в виде кусков или гранул, металл внутри пода непрерывно перемешивают и приводят в круговое движение, а переплав его до получения стали осуществляют при протекании через зону переплава посредством вдувания кислородсодержащего газа, в то время как поток шлака направляют против течения металла по крайней мере вдоль части зоны переплава. Поток шлака останавливается в камере для осаждения шлака в отсутствие интенсивного перемешивания ванны, и затем его отводят из камеры для осаждения шлака.

В этом известном способе в установку можно загружать лом и жидкий чушковый чугун, но только в очень ограниченном количестве. Отвод отработанных газов происходит непосредственно в зоне переплава, то есть не через электродуговую плавильную печь. В этом способе для предотвращения застывания расплава в зоне переплава требуется добавление большого количества кокса/угля. Следовательно, данный процесс может быть применен лишь в ограниченной степени, в первую очередь для получения нерафинированной стали из предварительно восстановленной руды.

Из DE-C 3609923 известны способ и установка для непрерывного плавления лома до получения стали. В этом способе, который в основном ограничивается плавлением лома (упоминание о загрузке жидкого чушкового чугуна или губчатого железа, полученного прямым восстановлением, отсутствует), для нагрева лома используют тепло печных газов. Лом предварительно нагревают в шахте, расположенной в центре подовой печи, и вводят в центр подовой печи, где он образует колонну лома, опирающуюся на дно электродуговой печи с образованием конической груды; эта колонна может доходить до загрузочного отверстия для лома, расположенного в верхней части шахты для предварительного нагрева лома. Поворотные электроды (предпочтительно четыре штуки) симметрично расположены вокруг колонны лома в электродуговой печи и способствуют плавлению лома. Угол наклона между центральной осью электрода и вертикалью при плавлении составляет более 20o для каждого электрода. Таким образом, подовая печь подвергается большой термической нагрузке, поскольку электрические дуги горят между размещенной в центре колонной лома и стенками и крышкой подовой печи. С одной стороны, это вызывает повышенный износ огнеупорной облицовки и, следовательно, повышение затрат средств и времени на ремонт. Кроме того, значительная часть потребляемой энергии путем излучения передается стенкам и крышке печи и, таким образом, теряется. Наконец, возможное замыкание, возникающее внутри колонны лома - над пустотами в расплаве, образованными в нем электродами - может вызвать оседание колонны лома (или ее части), которое может привести к поломке электродов.

Изобретение направлено на устранение этих недостатков и трудностей и имеет своей задачей создание установки и способа получения расплава железа, которые, в первую очередь, пригодны для загрузки любых носителей железа, встречающихся в металлургической практике и имеющих различные физико-химические свойства, таких как железный лом, жидкий и/или твердый чушковый чугун, карбид железа, губчатое железо, железная руда различной степени предварительного восстановления, агломераты, окалина, металлургическая пыль, высушенные шламы и т.д., в различном количественном соотношении, чтобы, например, если имеется недостаток одного носителя железа, вместо него можно было использовать другой без снижения производительности установки. В то же время, должна быть создана возможность подачи и использования в качестве теплоносителя для металлургического процесса обработанной органической легкой фракции, такой как легкая фракция из шредера, таким образом одновременно утилизируя ее.

Для решения этой задачи установка по изобретению имеет следующие характерные особенности: емкость электродуговой печи, емкость для переплава, расположенную за емкостью печи и соединенную с нею сливом, который переходит в дно емкости для переплава за счет как минимум частичного наклона вниз; емкость содержит устройство подачи кислорода, а также отвод для расплава железа, размещенный у ее конца, дальнего от печи, емкость для сцеживания, расположенную за емкостью печи и имеющую с емкостью печи общее дно, причем упомянутая емкость для сцеживания имеет отвод для шлака, размещенный у ее конца, дальнего от печи, устройство подачи, подающее жидкий чушковый чугун и открывающееся в емкость печи, шахту предварительного нагрева для подачи твердых носителей железа, причем упомянутая шахта для предварительного нагрева расположена над емкостью печи и открывается в емкость печи через ее крышку посредством газопроницаемого охлаждаемого изолирующего устройства, и загрузочную шахту, расположенную над емкостью печи и открывающуюся в емкость печи посредством газонепроницаемого охлаждаемого изолирующего устройства.

Предпочтительно, емкость предварительного нагрева расположена по центру над емкостью печи, а крышка емкости печи имеет кольцеобразную форму, чтобы охватывать шахту предварительного нагрева и соединять ее с боковыми стенками емкости печи, в которой размещены электроды, предпочтительно графитовые электроды, наклонно входящие внутрь емкости печи через ее крышку; если это желательно, они могут входить перпендикулярно. Это позволяет значительно сократить периоды от выпуска до выпуска, то есть осуществлять добавление твердых носителей железа, таких как лом, в течение коротких промежутков времени, гарантируя эффективный предварительный нагрев твердых носителей железа путем контроля/регулирования температуры предварительного нагрева и скорости их подачи.

Предпочтительно, электроды установлены с возможностью поворота и, возможно, смещения в продольном направлении относительно их продольных осей, с изменением угла наклона между вертикалью и центральной осью электродов, предпочтительно в пределах от 0 до 30o в направлении к центру емкости печи и до 10o в противоположном направлении, к стенке емкости печи.

Предпочтительно, электроды подключены в качестве катодов, а анод расположен в центре дна емкости печи.

Установка будет иметь практически универсальное применение, если электроды сконфигурированы как полые электроды и подсоединены или к устройству подачи носителей железа, и/или к устройству подачи угля или носителей углерода, и/или к устройству подачи обработанной органической легкой фракции, и/или к устройству подачи шлакообразующих веществ, и/или к устройству подачи углеводородов, и/или к устройству подачи инертных газов.

Предпочтительно, конструкцией могут быть также предусмотрены сопла и/или фурмы, открывающиеся внутрь емкости печи, которые подсоединены или к устройству подачи носителей железа, и/или к устройству подачи угля или носителей углерода, и/или к устройству подачи обработанной органической легкой фракции, и/или к устройству подачи шлакообразующих веществ, и/или к устройству подачи кислорода или кислородсодержащего газа, и/или к устройству подачи углеводородов, и/или к устройству подачи инертных газов, при этом упомянутые фурмы предпочтительно установлены с возможностью перемещения, в частности, поворота и/или смещения в продольных направлениях.

В соответствии с предпочтительным вариантом осуществления изобретения, в емкости для переплава расположены сопла и/или фурмы, которые подсоединены или к устройству подачи носителей железа, и/или к устройству подачи угля или носителей углерода, и/или к устройству подачи обработанной органической легкой фракции, и/или к устройству подачи шлакообразующих веществ, и/или к устройству подачи кислорода или кислородсодержащего газа, и/или к устройству подачи углеводородов, и/или к устройству подачи инертных газов, при этом упомянутые сопла предпочтительно скомпонованы как подванные сопла и/или донные продувочные кирпичи.

Фурмы предпочтительно установлены с возможностью перемещения, в частности, поворота и/или смещения в продольных направлениях.

Чтобы обеспечить возможность полной разгрузки емкости печи даже в случае центрального размещения донного анода, емкость печи предпочтительно имеет дно, которое наклонено вниз в направлении сцеживающего устройства и сливается с практически горизонтальной донной частью сцеживающего устройства, при этом самая низкая точка дна находится в сцеживающем устройстве, и в этой нижней точке дна сцеживающего устройства предпочтительно размещается отводное отверстие.

Чтобы обеспечить простое управление технологическим процессом, протекающим в установке, даже при большой протяженности устройств для переплава, устройство для переплава предпочтительно оснащено по крайней мере одним отверстием для осмотра и ремонта.

Поскольку кирпичная облицовка устройства для переплава подвергается сильному химическому воздействию шлака, обогащенного оксидами железа, а также повышенной термической нагрузке, а следовательно, и повышенному износу по сравнению с емкостью печи, устройство для переплава предпочтительно выполнено как конструкционный узел, который может отделяться от емкости печи и заменяться.

Уровень ванны металла в емкости печи и в устройстве для переплава может быть одинаковым или разным (например, ниже в устройстве для переплава, и в этом случае функционирование установки происходит без образования непрерывной ванны между емкостью печи и устройством для переплава).

В соответствии с модифицированным предпочтительным вариантом осуществления, устройство для переплава выполнено в форме ковша, в области крышки которого расположен слив, размещенный между емкостью печи и устройством для переплава.

Чтобы обеспечить эффективное регулирование шлака, в области перехода от емкости печи к устройству для переплава расположен дополнительный отвод для шлака и съемный порог для шлака.

В целях облегчения ремонтных работ шахта предварительного нагрева и/или загрузочная шахта предпочтительно выполнены как конструкционные узлы, которые могут отделяться от емкости печи и заменяться.

В соответствии с предпочтительным вариантом осуществления изобретения, способ получения расплавов железа, в частности, расплавов стали, таких как расплавы нерафинированной стали, отличается сочетанием следующих характерных особенностей: загрузка жидкого чушкового чугуна в емкость печи в количестве от 20 до 70% общего количества загружаемых носителей железа, плавление лома и/или других твердых носителей железа, содержащих часть окисного железа (губчатое железо, полученное прямым восстановлением, губчатое железо, подвергнутое горячему брикетированию, карбид железа, предварительно восстановленная руда, брикетированная пыль и т.д.), в емкости печи, в количестве, дополняющем загрузочную долю чушкового чугуна до общего загрузочного количества, где лом сначала загружают в шахту предварительного нагрева и предварительно нагревают посредством вывода отработанных газов, образующихся при производстве расплава железа, и инжекции упомянутых отработанных газов в шахту предварительного нагрева, содержащую лом, а затем загружают в емкость печи, и где, кроме того, твердые кусковые носители железа сначала загружают в загрузочную шахту, а оттуда подают в емкость печи без предварительного нагрева, хотя, возможно, в горячем состоянии, с одновременной подачей тонкоизмельченных носителей железа в емкость печи и/или устройство для переплава через фурмы и/или сопла и/или полые электроды, носители железа, загружаемые в емкость печи, плавят при посредстве энергии электрической дуги, таким образом смешивая их с жидким чушковым чугуном, образующийся расплав железа течет через устройство для переплава к отводу для расплава железа при посредстве слива, подвергаясь непрерывному переплаву и одновременному нагреву как в емкости печи, так и в устройстве для переплава, а шлак течет к отводу для шлака в направлении, противоположном направлению течения расплава железа, подвергаясь непрерывному восстановлению в отношении его FeO-компонента и одновременному охлаждению.

Предпочтительно, технологические газы дожигают путем подачи кислородсодержащего газа в шлак и/или на шлак и/или над ним в емкость для переплава, в емкость печи и/или в шахту предварительного нагрева.

Желательно, чтобы плавлению лома способствовало вдувание кислородсодержащего газа.

Способ по изобретению может иметь широкое применение благодаря следующим преимуществам: подача загрузочных веществ (носителей железа, носителей углерода, флюсов, обработанной органической легкой фракции и газов), плавление, переплав и нагрев, а также выгрузка полученных продуктов (нерафинированная сталь, шлак и отработанные газы) в шахту предварительного нагрева и/или в загрузочную шахту и/или в емкость печи и/или в сцеживающую емкость и/или в емкость для переплава осуществляют непрерывно или полунепрерывно с периодическим отводом нерафинированной стали из емкости для переплава и без воздействия на протекание процесса или его прерывания в непосредственно предшествующих/последующих узлах установки.

Предпочтительно, уровень ванны металла в емкости для переплава поддерживают ниже, чем в емкости печи, чтобы избежать обратного примешивания.

Далее изобретение поясняется более подробно на нескольких примерных вариантах осуществления, схематически показанных на чертежах, где фиг. 1 представляет собой вертикальный разрез установки в соответствии с первым вариантом, а фиг. 2 показывает сечение по линии II-II фиг. 1. Фиг. 3 представляет собой вид сверху с частичным разрезом установки, представленной на фиг. 1. Каждый из фиг. 4 - 6 показывает альтернативные варианты осуществления изобретения, иллюстрируя их аналогично фиг. 1.

Емкость печи 1 электродуговой печи постоянного тока с одной стороны оснащена сцеживающей емкостью 2, а с другой стороны - емкостью для переплава 3, то есть непосредственно соединена с каждой из этих емкостей 2 и 3 таким образом, что образуется единая установка, содержащая три операционные зоны. Емкость печи 1 электродуговой печи служит зоной плавления или плавления с восстановлением, емкость для переплава 3 служит зоной переплава и нагрева, а сцеживающая емкость 2 служит зоной сцеживания. Посередине, то есть по центру емкости печи 1, на ее крышке 4 расположена шахта предварительного нагрева 5, включающая газопроницаемое и водоохлаждаемое изолирующее устройство 6. В шахту предварительного нагрева 5 могут загружаться металлические загрузочные вещества 7 - в первую очередь, стальной лом, возможно также, твердый чушковый чугун - предпочтительно, при помощи ленточного транспортера 8, через приемное отверстие 9. Параллельно с шахтой предварительного нагрева 5 имеется по крайней мере одна расположенная непосредственно сбоку загрузочная шахта 10 (предпочтительна конструкция с несколькими загрузочными шахтами), которая также открывается в емкость печи 1 и включает газонепроницаемое и водоохлаждаемое изолирующее устройство 11, ориентированное внутрь печи. Загрузочная шахта может загружаться твердыми кусковыми носителями железа 12 (железо, полученное прямым восстановлением, предварительно восстановленная железная руда, агломераты, окалина, пыль из фильтров и/или брикеты шлама, и т. д.) и/или носителями углерода 13 (кокс, прессованные частицы органической легкой фракции и т.д.) и/или шлакообразующие вещества 14 (известь, флюорит, кварцевый песок, боксит и т.д.) через ленточный транспортер 15 или ленточные транспортеры. Узел, состоящий из емкости печи 1, емкости для переплава 3, сцеживающей емкости 2, шахты предварительного нагрева 5, размещенной сверху, и боковых загрузочных шахт 10, образует ядро установки по изобретению.

Емкость печи 1 оснащена несколькими наклонными графитовыми электродами 16, подключенными в качестве катодов, возможно, выполненными в виде полых электродов, которые предпочтительно размещены симметрично относительно электродуговой печи и шахты предварительного нагрева 5, расположенной сверху. Электроды 16 могут поворачиваться в пределах угла наклона от 0 до 30o относительно вертикали в направлении к центру емкости печи 1, и до 10o в противоположном направлении - к стенке емкости печи 1. Угол наклона может по разному регулироваться и/или контролироваться для каждого отдельного электрода 16. Во время операции плавления этот угол обычно составляет 15 - 20o. В отдельных случаях поворотная способность электродов 16 может быть устранена. Противоположным электродом 17 служит донный анод, расположенный по центру дна 18 емкости печи 1.

Металлические загрузочные вещества 7, нагретые в шахте предварительного нагрева 5 посредством восходящих отработанных газов 19, загружают в емкость печи 1 установки непрерывно или партиями, исключительно при включенном токе. Если это влечет за собой риск поломки электродов, электроды 16 временно разворачивают в направлении стенки емкости печи 1 при включенной электроэнергии, или извлекают вверх при выключенной электроэнергии. Загрузку лома 8, имеющего большой вес отдельных кусков (отходы при производстве заготовок, таких как слябы, сутунки или блюмы, пакетированный лом и т.д.), производят при кратковременном прерывании подачи тока и подъеме электродов 16.

Загрузку в электродуговую печь твердых носителей железа 12, содержащих окисную часть (губчатое железо, предварительно восстановленная руда, брикетированная пыль и т.д.), и, если необходимо, носителей углерода 13, таких как кокс, прессованные частицы органической легкой фракции и т.д., а также шлакообразующих веществ 14 (известь, флюорит, кварцевый песок, боксит и т.д. ) осуществляют через боковые загрузочные шахты 10 непрерывно и/или партиями/периодически, независимо от загрузочных операций, которые осуществляют через шахту предварительного нагрева 5.

Так же независимо осуществляют подачу жидкого чушкового чугуна 20 в электродуговую печь, непрерывно или партиями/периодически, через устройство подачи чушкового чугуна 21, выполненного в виде желоба и открывающегося в емкость печи 1. С одной стороны емкости печи 1, которая расположена напротив желоба, имеется дверца 22 для управления технологическим процессом, для введения дополнительного манипулятора для фурм 23 и для проведения работ по обслуживанию в области емкости печи 1.

Формой установки обусловлен тот факт, что загрузка и плавление внутри емкости печи 1 всегда осуществляются с жидким отстоем 24. Последний обеспечивает возможность почти непрерывной квазистационарной операции плавления со вспененным шлаком 25, который почти полностью окружает электрические дуги 26, что дает высокую выходную мощность преобразования и термическую эффективность при снижении уровня шума.

Чтобы соответствовать следующим требованиям: переработка тонкоизмельченных носителей железа 12' (в частности, карбида железа, отходов при просеивании губчатого железа, пыли из фильтров и т.д.); выработка и контроль вспененного шлака 25; ускорение процесса плавления загрузочных веществ 7, 12, 13, 14 путем повышения потребления энергии электродуговой печью (включая дожигание CO и H2 в отработанных газах 19 внутри или над вспененным шлаком 25) и уравновешивания концентрационного и температурного градиентов внутри ванны расплава 24, а также замена части требуемой электроэнергии более дешевыми видами первичной энергии, дополнительно тонкоизмельченные носители железа 12', и/или тонкоизмельченный уголь 13' или другие носители углерода (обработанная органическая легкая фракция, в частности, легкая фракция из шредера), и/или тонкоизмельченные шлакообразующие вещества 14' (известь, флюорит и т.д.), и/или газообразный кислород и/или другие окисляющие газы 27 (CO2, H2O и т.д.), а также вторичный воздух 28, и/или CH4 или другие углеводороды 29, и/или инертные газы 30 (N2, Ar) подают в регулируемых количествах в соответствии с требованиями места и времени, через один или несколько полых электродов 16 для вдувания сверху по крайней мере одного из вышеупомянутых веществ 12', 13', 14', 29, 30 за исключением кислорода и кислородсодержащих газов и/или защищенных и/или незащищенных сопел и/или фурм 32 (подвижных и/или фиксированно установленных фурм, возможно, выполненных в виде комбинированных фурм/горелок) в различных точках крышки и стенок электродуговой печи над и/или под поверхностью шлака для вдувания сверху или вдувания внутрь по крайней мере одного из вышеупомянутых веществ 12', 13', 14', 27, 28, 29, 30 и/или защищенных подванных сопел 33 (предпочтительно сопел высокого давления) и/или донных продувочных кирпичей для продувки или подванных сопел для вдувания внутрь по крайней мере одного из вышеупомянутых веществ 12', 13', 14', 27-30, или продувочных кирпичей для инертных газов 30.

Для ясности рисунка не все из этих устройств показаны на фиг. 1.

Определенное количество образовавшегося жидкого отстоя 24, расплав металла 24, образующийся в емкости печи 1, проходит через слив 34 в емкость для переплава 3 и там подвергается переплаву и одновременному нагреву до начала отвода. Для этой цели емкость для переплава 3 содержит по крайней мере одно, предпочтительно несколько сопел, а именно защищенных (защищенных природным газом, с возможностью применения в качестве защитных газов также Ar, CO2 и высших углеводородов) и/или незащищенных сопел (надванных сопел (для дожигания) или сопел высокого давления (подванных) и/или фурм 35 (подвижных и/или фиксированно установленных фурм, возможно, выполненных в виде комбинированных фурм/горелок) в различных точках крышки и стенок емкости для переплава над и/или под поверхностью шлака для вдувания сверху или вдувания внутрь по крайней мере одного из веществ 12', 13', 14', 27 - 30, и/или защищенных подванных сопел 36 (предпочтительно сопел высокого давления) и/или донных продувочных кирпичей для продувки или подванных сопел для вдувания внутрь по крайней мере одного из веществ 12', 13', 14', 27 - 30, а также продувочных кирпичей для инертных газов 30, и/или отверстий для добавления кусковых носителей железа 12, носителей углерода 13 и шлакообразующих веществ 14 - индивидуально или в сочетании друг с другом, при этом, в соответствии с предпочтительным вариантом конструкции емкости для переплава 3, обеспечивается следующее: через несколько фурм 35 сверху вдувается исключительно газообразный кислород 27. Фурмы 35 размещены по центру крышки 37 емкости для переплава 3 через приблизительно равные промежутки по всей длине устройства переплава; они могут смещаться в вертикальном направлении и одновременно поворачиваться в пределах угла наклона от 0 до 30o относительно вертикали в сторону течения или против течения 38 металлического расплава 24; через несколько защищенных подванных сопел 36 и/или продувочных кирпичей, расположенных между фурмами 35, подается исключительно инертный газ 30 (N2 и/или Ar в любых соотношениях). Подванные сопла 36 и/или продувочные кирпичи размещены индивидуально или парами по центру в дне и/или в боковых стенках по всей длине емкости для переплава 3. В емкость для переплава 3 исключительно через отверстие крышки 39 подаются исключительно кусковые связующие вещества для шлака 14 (известь, флюорит, кварцевый песок, боксит и т. д. ) при посредстве ленточного транспортера 40. На каждой из двух длинных сторон емкости для переплава 3 выполнено отверстие для контроля и ремонта 50. Два контрольных отверстия 50 смещены относительно друг друга в продольном направлении емкости для переплава 3.

Путем добавления кусковых шлакообразующих веществ 14 через отверстие крышки 39 на участке фурмы, которая расположена последней в направлении течения металла 24 внутри емкости для переплава 3 - приблизительно над отводным отверстием для нерафинированной стали 41 - ускоряется растворение извести и образование реакционноспособного шлака для переплава 25, так как содержание оксида железа в шлаке 25 в этой области емкости для переплава 3 постоянно поддерживается высоким при помощи находящейся рядом последней кислородной фурмы 35.

За счет собственной тяжести, а также импульса, сообщаемого фурмами 35, шлак для переплава перемещается вдоль емкости для переплава 3 против течения расплава металла 24 в направлении стрелки 42 к емкости печи 1, сообщая расплаву металла 24 непрерывное повышение температуры и повышение содержания сопутствующих элементов (C, Si, Mn, P, S и т.д.), таким образом осуществляя его нагрев и переплав и при этом претерпевая охлаждение и восстановление за его счет. При непрерывной работе, с непрерывной ванной по всей длине установки (как показано на фиг. 1), шлак 25 отводится через люк для шлака 43, расположенный на свободном торце сцеживающей емкости 2. При таком способе количество шлака 25, имеющееся в емкости печи 1 и в сцеживающей емкости 2, может дополнительно регулироваться путем частичной выгрузки шлака 25 при посредстве порога для шлака 44 через один или два боковых люка для шлака 45, расположенных в емкости для переплава - непосредственно перед входом шлака в электродуговую печь.

Преимущества такого "противотока металла/шлака" таковы:

1) низкие потери тепла и железа шлаком 25 при выходе из сцеживающей емкости 2 через люк для шлака 43, так как, с одной стороны, шлак 25 выходит из установки с "холодной стороны", а с другой стороны, в сцеживающей емкости 2 из шлака 25 выпадает так называемый "дождь" капель металла, в дополнение к восстановлению оксида железа, первоначально осуществляемому в емкости печи 1;

2) получение желаемого сорта стали при существенно более низком расходе шлакообразующих веществ 14 и более низком удельном количестве шлака 25, соответственно ("шлако-обедненное" переплав, возможное как вариант), и, следовательно, при пониженном износе огнеупорной облицовки оборудования.

В полунепрерывной работе установки, включающей периодический отвод нерафинированной стали 24 из емкости для переплава 3, переливание шлака 25 из емкости печи 1 в емкость для переплава 3 ограничивается или предотвращается при помощи боковых вставных порогов для шлака 44.

Горячие отработанные газы 19, образующиеся в емкости для переплава 3, сначала попадают в емкость печи 1, смешиваясь с отработанными газами, образующимися там, перед восхождением через шахту предварительного нагрева 5 и выходом из установки через трубопровод отработанных газов 46, расположенный в верхней части шахты предварительного нагрева 5. В зависимости от требуемых местных тепловых условий в различных частях установки, отработанные газы по пути частично дожигаются в возрастающей степени, предпочтительно кислородом 27, возможно, воздухом 28 или воздушно-кислородными смесями, через фурмы 32, 35 и/или сопла 47. При таком способе высокие степени дожигания, составляющие более 60%, технически возможны при определенных загрузочных количествах и определенных условиях управления технологическим процессом. Таким образом, при применении способа и установки по данному принципу намного большее количество химического и весьма ощутимого тепла от отработанных газов 19 передается ванне металла 24 или непосредственно внутри емкости для переплава 3 и емкости печи 1, или косвенно путем предварительного нагрева загрузочных веществ 7 в шахте предварительного нагрева 5, то есть сразу же используется в технологическом процессе.

Установка и способ по данному изобретению показывают более низкое потребление электроэнергии по сравнению с обычными электродуговыми печами, не использующими предварительный нагрев лома (25-30%) и с электродуговыми печами периодического действия со встроенным предварительным нагревом лома (10-15%), при использовании идентичных загрузочных веществ. Увеличение выходной мощности по сравнению с обычными электродуговыми печами, не использующими предварительный нагрев лома, при приблизительно одинаковых размерах и оснащении электродуговых печей (выходная мощность преобразования, фурмы, горелки и т.д.) составляет до 50%.

Работа отдельных узлов установки, таких, как емкость печи 1, шахта предварительного нагрева 5 и боковые загрузочные шахты 10, емкость для переплава 3 и сцеживающая емкость 2 осуществляется как функция используемых загрузочных веществ, в частности, носителей железа 7 (форма, размер, состав, температура и состояние агрегирования) желаемого объема производства, требований к качеству стали, желаемого режима работы установки (непрерывного или полунепрерывного - с периодическим выпуском), в том числе с учетом желаемого объединения с предшествующими или последующими установками (в частности, для производства чушкового чугуна, прямого восстановления, вторичной металлургической обработки, непрерывного литья и т.д.), типов и стоимости имеющихся источников энергии.

Главная цель описываемой концепции - осуществление отдельных этапов технологического процесса, а именно предварительного нагрева, загрузки, плавления или плавления с восстановлением, переплава, нагрева и отвода, внутри установки в одно и то же время, но с локальным смещением и поэтому независимо, насколько это возможно, в различных узлах установки при контролируемом протекании процесса в относительно благоприятных физико-химических, реакционно-кинетических условиях и условиях теплообмена, то есть таким образом, чтобы получить установку в целом, состоящую из почти совершенных (высокоэффективных) секционных реакторов для конкретного случая применения.

Конфигурация установки по изобретению дает возможность взаимно независимой разгрузки зоны установки, включающей емкость печи 1 и сцеживающую емкость 2 (через отводное отверстие 43), и емкости для переплава 3 через отводное отверстие 41, что не требует наклона всей установки. Кроме того, имеется также возможность поочередного осмотра и ремонта в горячем состоянии любой из этих двух соседних зон, без прерывания технологического процесса. В соответствии с изобретением, все части установки жестко сблокированы в виде отдельных узлов, и во время работы не могут перемещаться или наклоняться. Благодаря предпочтительной секционной конфигурации нижних емкостей и крышек 4 и 37 установки, отдельные емкости, такие как емкость для переплава 3, емкость печи 1 и/или сцеживающая емкость 2, или другие части установки, соответственно, при необходимости ремонта могут быть заменены путем выдвижения вбок (это также относится к шахте предварительного нагрева 5 и загрузочным шахтам 10).

В соответствии с изобретением, конфигурация установки, представленная на фиг. 1, является предпочтительной при непрерывном функционировании с непрерывной ванной, размещающейся по всей длине установки. Такая непрерывная ванна может регулироваться при высоком содержании углеродистых носителей железа в загрузке (в частности, при загрузке 30% стального лома + 30% губчатого железа + 40% жидкого чушкового чугуна). Однако возможно также и использование различных уровней ванны металла в емкости печи и в емкости для переплава.

Некоторые конфигурации установки, предпочтительные по изобретению с точки зрения переменных загрузочных соотношений, представлены на фиг. 4 - 6, где конфигурация установки по фиг. 4 - как альтернатива фиг. 1 - обеспечивает непрерывное функционирование с непрерывной ванной при содержании жидкого чушкового чугуна в загрузке минимум 30%; конфигурация установки по фиг. 5 предназначена для непрерывного или полунепрерывного функционирования при содержании жидкого чушкового чугуна в загрузке максимум 30%; при полунепрерывном функционировании емкость для переплава разгружается партиями; при содержании жидкого чушкового чугуна в загрузке <15% и в отсутствие прямой подачи твердых носителей углерода 13, 13' в емкость для переплава 3 установка может содержать (необязательно) обогреваемую емкость, в частности ковшовую печь 29, после емкости для переплава 3; конфигурация установки по фиг. 5 предназначена для граничного случая непрерывного процесса плавления без загрузки жидкого чушкового чугуна 20: обогреваемая емкость, в частности, ковшовая печь 49, выполняет функцию емкости для переплава 3, так как исключается основная часть работы по переплаву.

Как очевидно из фиг. 4 - 6, на форму и размер емкости для переплава 3 и сцеживающей емкости 2, в первую очередь, но также и на размер шахты предварительного нагрева 5, количество, размер, расположение и применение боковых загрузочных шахт 10, а кроме того, на выходную мощность преобразования, требуемую для электродуговой печи, влияют соотношения загрузочных веществ. При повышении содержания углерода в загружаемых носителях железа 7 и увеличении их жидкой составляющей емкость для переплава 3 и сцеживающая емкость 2, в принципе, становятся более узкими и длинными (как труба), а удельная выходная мощность преобразования электродуговой печи снижается, и наоборот. В граничном случае 100 %-ной загрузки твердых веществ сцеживающая емкость при проектировании может быть сильно укорочена.

**Примерный вариант осуществления изобретения**

Загрузка состоит из 40% жидкого чушкового чугуна 20, 30% смешанного лома 7 и 30% гранул губчатого железа 12. Химический состав этих загрузочных веществ приведен в табл. 1.

Установка служит для осуществления технологического процесса, который, в соответствии с фиг. 1, для обеспечения производительности около 150 т/ч нерафинированной стали, имеет следующие характеристики:

а) емкость печи 1: диаметр около 6 м, выходная мощность преобразования 55 МВА, 4 комплекта графитовых электродов 16 (диаметр 350 мм, возможность поворота в вертикальной плоскости в пределах угла наклона 0 - 30o), один донный анод 17, один желоб 21 для непрерывно подаваемого жидкого чушкового чугуна 20, один люк для осмотра и ремонта 22, 1 комплект манипулятора для фурм 23 (через люк 22), 4 комплекта кислородных фурм 32 из расходующихся трубок, входящих через боковые стенки емкости печи 1 (диаметр фурмы 1 дюйм, давление всасывания кислорода на входе ≥ 5 бар), 4 комплекта донных продувочных кирпичей 33 для инертного газа 30 (смесь N2/Ar, регулируемая в любых желаемых количественных соотношениях), с максимальной скоростью потока газа около 200 Нл/мин на продувочный кирпич 33 (максимальная скорость потока инертного газа в емкости печи 1 около 800 Нл/мин), наклон дна по направлению к запасному отводному отверстию 48 в сцеживающей емкости 2 около 5-6o;

б) шахта предварительного нагрева 5 для предварительного нагрева и последующей загрузки смешанного лома 7 в емкость печи 1, постоянное восьмиугольное поперечное сечение шахты (около 2,5 м внутренняя ширина), высота шахты около 4 м, общий объем около 25 м3, из них 17,5 м3 - рабочий объем (вместимость около 12 т смешанного лома 7), включая ленточную загрузку 8, газопроницаемые водоохлаждаемые изолирующие устройства 6 (устройство задержки подачи лома) и трубопровод отработанных газов 46, но без сопел дожигания 47;

в) 3 комплекта боковых загрузочных шахт 10 для гранул губчатого железа 12 и кусковой извести 14 (при отсутствии загрузочных шахт 10 у сцеживающей емкости 2 и у отверстия 9 для загрузки шахты предварительного нагрева смешанным ломом 7), прямоугольное поперечное сечение 1200 х 600 мм, высота 3,5 м, рабочий объем загрузочной шахты 10 около 2,2 м3 (вместимость трех загрузочных шахт 10 - около 12 т гранул губчатого железа 12), водоохлаждаемые и газонепроницаемые изолирующие устройства 11 у входа в емкость печи 1, загрузка трех загрузочных шахт 10 посредством общего ленточного транспортера 15 и распределительного желоба (распределительный желоб не показан на фиг. 1);

г) емкость для переплава 3: ширина около 1,9 м, длина около 6,0 м, наклон дна в направлении отводного отверстия для нерафинированной стали 41 - около 8-9o (средняя площадь углового поперечного сечения емкости для переплава 3 по кирпичной облицовке - около 3 м2), 4 комплекта водоохлаждаемых кислородных фурм 35 (каждая с одним отверстием в головке, диаметр форсунки около 1 дюйма, давление кислорода у входа около 10 бар), расположенных по центру крышки 37 емкости для переплава 3 на расстояниях друг от друга около 1,5 м и на расстояниях около 0,75 м от коротких сторон емкости для переплава, с возможностью индивидуального перемещения в вертикальном направлении и, также индивидуально, поворота в пределах угла наклона от 0 до 30o в сторону течения и против течения металла 24, 6 комплектов донных продувочных кирпичей 36 для инертного газа 30 (смесь N2/Ar, регулируемая в любых желаемых количественных соотношениях), расположенных парами (3 пары) в промежутках между фурмами 35 в плоской области дна емкости для переплава 3, максимальная скорость потока газа около 200 Нл/мин на продувочный кирпич 33 (максимальная скорость потока инертного газа в емкости для переплава около 1200 Нл/мин), одно отводное отверстие для нерафинированной стали 41, два люка для шлака 45, один порог для шлака 44, два люка для осмотра/ремонта 50;

д) сцеживающая емкость 2: ширина около 1,9 м, длина около 0,9 м, почти постоянная площадь углового поперечного сечения 2,5 м2 по кирпичной облицовке, 2 комплекта донных продувочных кирпичей 33 (1 пара) в плоской области дна сцеживающей емкости 2, максимальная скорость потока газа около 200 Нл/мин на продувочный кирпич 33 (максимальная скорость потока инертного газа в сцеживающей емкости около 400 Нл/мин), одно отводное отверстие 48 (используемое только для разгрузки емкости печи 1 и сцеживающей емкости 2), один люк 43 для отвода шлака 12.

В описываемом случае протекание процесса по изобретению осуществляется с непрерывной ванной по всей длине установки, при движении противотоком металла 24 и шлака 25, со вспененным шлаком 25 внутри емкости печи 1 и сцеживающей емкости 2, при непрерывном отводе нерафинированной стали 24 через отводное отверстие 41 и шлака 25 через люк для шлака 43, в квазистационарных технологических условиях в отношении профилей концентрации и температуры, материальных и тепловых потоков, а также степеней заполнения и уровней ванны в каждом отдельном узле установки.

Осуществление непрерывной выработки около 150 т/ч (около 2,5 т/мин) нерафинированной стали в данной установке гарантируется при помощи следующей системы управления.

Во время первой подготовительной фазы в узлах установки 1-3 вырабатывается непрерывная ванна 24, как необходимое предварительное условие для последующего непрерывного функционирования. Для этого около 90 т жидкого чушкового чугуна 20 через желоб чушкового чугуна 21 и около 45 т смешанного лома 7 через шахту предварительного нагрева 5 (смешанный лом 7 загружают четырьмя партиями по 11-12 тонн каждая), загружают в емкость печи 1, при этом около 2/3 жидкого чушкового чугуна, содержащего лишь несколько кусков лома, переливается в соседнюю емкость для переплава 3 при закрытом отводном отверстии 41. В следующие 40-45 минут ванну, находящуюся в емкости для переплава 3, подвергают переплаву и нагреву при помощи кислородных фурм 35, с одновременным плавлением, переплавом и нагревом в емкости печи 1 при подаче электроэнергии и применении кислородных фурм 32. Рафинированный шлак 25, образующийся в емкости для переплава 3, непрерывно отводят при посредстве порога для шлака 44 исключительно через два люка для шлака 45. Шлак 25, образующийся в емкости печи 1 и в сцеживающей емкости 2, отводят через люк для шлака 43.

Подготовительная фаза завершается тогда, когда непрерывная ванна в двух принципиальных зонах вдоль установки приобретает следующие характеристики:

а) в области емкости печи 1 и сцеживающей емкости 2 около 60 т полуфабриката стали (около 50 т - в емкости печи 1 и около 10 т - в сцеживающей емкости 2), имеющего состав и температуру:

около 1,40% C около 1550oC

около 0,12% Mn

следы Si

б) в районе емкости для переплава 3 около 60 т полуфабриката стали имеющего состав и температуру:

около 0,05% C около 1650oC

около 0,13% Mn

следы Si

С этого момента установку переключают на непрерывную работу. На этом этапе порог для шлака 44 полностью выдвинут из емкости для переплава 3, а два люка для шлака 45 закрыты. Начинается непрерывная и/или полунепрерывная подача материалов и энергии в следующих количествах в минуту (см. табл. 2).

Некоторые важные технологические данные на тонну нерафинированной стали приведены ниже:

а) загрузочные вещества (емкость печи 1 + емкость для переплава 3)

жидкий чушковый чугун - 439 кг/т

смешанный лом - 329 кг/т

гранулы губчатого железа - 329 кг/т

кислород (фурмы) - 40,5 Нм3/т

инертный газ (N2/Ar) - 0,8 Нм3/т

кирпичная облицовка (износ) - 7,0 кг/т

известь (92,8% CaO) - 31,5 кг/т

кварцевый песок - 5,9 кг/т

кокс (вспененный шлак) - 3,3 кг/т

графитовые электроды - 1,0 кг/т

б) шлак (% CaO/% SiO2 = 1,55) - 81 кг/т

в) отработанный газ (неочищенный газ, включающий ложный воздух - 66 Нм3/т

г) степень дожигания отработанного газа (неочищенный газ при температуре, около 800oC)

CO - в CO2 - 0,50

H2 - в H2O - 0,54

д) электроэнергия - 230 кВт·ч/т3

Формула изобретения:

1. Установка для получения расплавов железа, в частности расплавов стали, таких, как расплавы нерафинированной стали, включающая емкость электродуговой печи с боковыми стенками, крышкой и дном, внутри которой помещаются электроды, емкость для переплава, расположенную за емкостью печи и соединенную с ней сливом, дно емкости для переплава наклонено вниз от слива и переходит в горизонтальную плоскость у дальнего конца емкости для переплава, где расположен отвод для расплава железа, причем емкость для переплава снабжена средством для подачи кислорода, емкость для сцеживания, расположенную за емкостью печи и имеющую с ней общее дно, причем емкость для сцеживания имеет отвод для шлака, размещенный у ее конца, дальнего от емкости печи, устройство для подачи жидкого чушкового чугуна, шахту предварительного нагрева и загрузочную шахту, причем как шахта предварительного нагрева, так и загрузочная шахта расположены над емкостью печи и сообщаются с ней, отличающаяся тем, что из шахты предварительного нагрева подаются твердые железосодержащие материалы, шахта предварительного нагрева соединена с емкостью печи через ее крышку посредством газопроницаемого охлаждаемого изолирующего устройства, открывающегося в емкость печи, а устройство для подачи жидкого чушкового чугуна соединено с емкостью электродуговой печи.

2. Установка по п.1, отличающаяся тем, что шахта предварительного нагрева расположена по центру над емкостью электродуговой печи, крышка которой выполнена кольцеобразной формы с возможностью охвата шахты предварительного нагрева и соединения ее с боковыми стенками емкости печи, в которой размещены, предпочтительно, графитовые электроды, наклонно введенные внутрь емкости печи через ее крышку.

3. Установка по п.2, отличающаяся тем, что электроды установлены с возможностью поворота и смещения в продольном направлении относительно их продольных осей и изменения угла наклона между вертикалью и центральной осью электродов, предпочтительно, в пределах от 0 до 30o в направлении к центру емкости печи и до 10o в противоположном направлении, к стенке емкости печи.

4. Установка по п.3, отличающаяся тем, что электроды подключены в качестве катодов, а в центре дна емкости печи расположен анод.

5. Установка по одному или нескольким пп.1 - 4, отличающаяся тем, что электроды выполнены в виде полых электродов и подсоединены к устройству подачи железосодержащих материалов, устройству подачи угля или углеродсодержащих материалов, устройству подачи обработанной органической легкой фракции, устройству подачи шлакообразующих веществ, устройству подачи углеводородов и/или к устройству подачи инертных газов.

6. Установка по одному или нескольким пп.1 и 5, отличающаяся тем, что она снабжена соплами и/или фурмами, открывающимися внутрь емкости печи и подсоединенными к устройству подачи железосодержащих материалов, устройству подачи угля или углеродсодержащих материалов, устройству подачи обработанной органической легкой фракции, устройству подачи шлакообразующих веществ, устройству подачи кислорода или кислородсодержащего газа, устройству подачи углеводородов и/или к устройству подачи инертных газов.

7. Установка по п.6, отличающаяся тем, что открывающиеся внутрь емкости печи фурмы установлены с возможностью перемещения, в частности поворота и/или смещения в продольных направлениях.

8. Установка по одному или нескольким пп.1 - 7, отличающаяся тем, что устройства для подачи кислорода, расположенные в емкости для переплава, выполнены в виде сопел и/или фурм с возможностью их подсоединения к устройству подачи носителей железа, устройству подачи угля или углеродсодержащих материалов, устройству подачи обработанной органической легкой фракции, устройству подачи шлакообразующих веществ, устройству кислородсодержащего газа, устройству подачи углеводородов и/или к устройству подачи инертных газов.

9. Установка по п.8, отличающаяся тем, что сопла выполнены в виде расположенных под уровнем расплава сопел и/или донных продувочных кирпичей.

10. Установка по любому из пп.8 и 9, отличающаяся тем, что фурмы установлены в емкости для переплава с возможностью перемещения, в частности поворота и/или смещения в продольных направлениях.

11. Установка по одному или нескольким пп.1 - 10, отличающаяся тем, что емкость печи выполнена с дном, которое наклонено вниз в направлении сцеживающей емкости и сливается с практически горизонтальной донной частью сцеживающей емкости, при этом самая низкая точка дна находится в сцеживающей емкости.

12. Установка по п.11, отличающаяся тем, что в самой нижней точке дна сцеживающей емкости выполнено отводное отверстие.

13. Установка по одному или нескольким пп.1 - 12, отличающаяся тем, что емкость для переплава оснащена, по крайней мере, одним отверстием для осмотра и/или ремонта.

14. Установка по одному или нескольким пп.1 - 13, отличающаяся тем, что емкость для переплава выполнена в виде конструкционного узла, отделяющегося от емкости печи и заменяющегося.

15. Установка по любому из пп.1 - 13, отличающаяся тем, что емкость для переплава выполнена в виде ковша, в области крышки которого расположен слив, размещенный между емкостью печи и емкостью для переплава.

16. Установка по одному или нескольким пп.1 - 15, отличающаяся тем, что в области перехода от емкости печи к емкости для переплава расположен дополнительный отвод для шлака и съемный порог для шлака.

17. Установка по одному или нескольким пп.1 - 16, отличающаяся тем, что шахта предварительного нагрева и/или загрузочная шахта выполнены в виде конструкционных узлов с возможностью их отделения от емкости печи и их замены.

18. Способ получения расплава железа, в частности расплавов стали, таких, как расплавы нерафинированной стали с использованием установки по одному или нескольким пп.1 - 17, включающий загрузку жидкого чушкового чугуна и лома, а также твердых кусковых носителей железа, содержащих часть окисного железа, в емкость электродуговой печи через загрузочную шахту, последующий предварительный нагрев и плавление лома и других твердых носителей железа тепловой энергией электрической дуги и смешивание их с жидким чушковым чугуном, направление потока образующегося расплава железа через слив для сцеживания в емкость для переплава и далее через нее в отвод для расплава железа, причем расплав железа подвергают непрерывному переплаву, направление потока образующегося шлака в сторону, противоположную направлению течения расплава железа, с последующим его отведением и выпуск отработанных газов, образующихся в результате осуществления способа получения расплавов железа, отличающийся тем, что жидкий чушковый чугун загружают в емкость печи в количестве от 20 до 70% от общего количества загружаемых носителей железа, в качестве твердых кусковых носителей железа, содержащих часть окисного железа, используют полученное прямым восстановлением губчатое железо, губчатое железо, подвергнутое горячему брикетированию, карбид железа, предварительно восстановленную руду, брикетированную пыль и т.д. в количестве, вместе с ломом дополняющем общую загрузочную долю, причем лом сначала загружают в шахту предварительного нагрева и подвергают предварительному нагреву посредством подачи в нее горячих отходящих газов, а твердые кусковые носители железа сначала загружают в емкость печи без предварительного нагрева или в горячем состоянии с одновременной подачей тонкоизмельченных носителей железа в емкость печи, и/или устройство для переплава через фурму, и/или сопла, и/или полые электроды, расплав железа, текущий через емкость для переплава к отводу для расплава, подвергают непрерывному переплаву и одновременному нагреву как в емкости печи, так и в емкости для переплава, а шлак, текущий в направлении, противоположном направлению потока расплава железа, подвергают непрерывному восстановлению в отношении его FеО-компонента и одновременному охлаждению.

19. Способ по п. 18, отличающийся тем, что отработанные газы дожигают путем подачи кислородсодержащего газа в шлак, и/или на шлак, и/или над ним в емкость для переплава, в емкость печи и/или в шахту предварительного нагрева.

20. Способ по любому из пп.18 и 19, отличающийся тем, что для плавления лома дополнительно вдувают кислородсодержащий газ в шахту предварительного нагрева.

21. Способ по п.18, отличающийся тем, что дополнительную подачу угля или содержащих углерод веществ обработанной органической легкой фракции, шлакообразующих веществ, содержащего кислород газа, углеводородов, инертных газов в емкость печи и/или в емкость для переплава, загрузку всех веществ, их плавление, переплав, нагрев в емкости печи и в емкости для переплава, а также подачу отработанных газов в шахту предварительного нагрева, отвод стали и шлака и их подачу в емкость печи, и/или в сцеживающую емкость, и/или в емкость для переплава осуществляют непрерывно или полунепрерывно с периодическим отводом нерафинированной стали из емкости для переплава и без воздействия на протекание процесса или его прерывания в непосредственно предшествующих/последующих узлах установки.

22. Способ по одному или нескольким пп.18 - 21, отличающийся тем, что уровень ванны металла в емкости для переплава поддерживают ниже, чем в емкости печи.

**Электрометаллургия. Устройства печей. Производство стали в электрических печах**

В электоропечи можно получать легированную сталь с низким содержанием серы и фосфора, неметаллических включений, при этом потери легирующих элементов значительно меньше.

В процессе электроплавки можно точно регулировать температуру металла и его состав, выплавлять сплавы почти любого состава.

Электрические печи обладают существенными преимуществами по сравнению с другими сталеплавильными агрегатами, поэтому высоколегированные инструментальные сплавы, нержавеющие шарикоподшипниковые, жаростойкие и жаропрочные, а также многие конструкционные стали выплавляют только в этих печах.

Мощные электропечи успешно применяют для получения низколегированных и высокоуглеродистых сталей мартеновского сортамента. Кроме того, в электропечах получают различные ферросплавы, представляющие собой сплавы железа с элементами, которые необходимо 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 наиболее 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 окно 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 опирается на два 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, затем 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 настоящее время является кожух конической формы. Нижняя часть кожуха имеет форму цилиндра, верхняя часть—конусообразная с расширением кверху. Такая форма кожуха облегчает заправку печи огнеупорным материалом, наклонные стены увеличивают стойкость кладки, так как она дальше расположена от электрических дуг. Используют также кожухи цилиндрической формы с водоохлаждаемыми панелями. Для сохранения правильной цилиндрической формы кожух усиливается ребрами и кольцами жесткости. Днище кожуха обычно выполняется сферическим, что обеспечивает наибольшую прочность кожуха и минимальную массу кладки. Днище выполняют из немагнитной стали для установки под печью электромагнитного перемешивающего устройства.

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 – нож, который входит в песчаный затвор кожуха печи. В кирпичной кладке свода оставляют три отверстия для электродов. Диаметр отверстий больше диаметра электрода, поэтому во время плавки в зазор устремляются горячие газы, которые разрушают электрод и выносят тепло из печи. Для предотвращения этого на своде устанавливают холодильники или экономайзеры, служащие для уплотнения электродных отверстий и для охлаждения кладки свода. Газодинамические экономайзеры обеспечивают уплотнение с помощью воздушной завесы вокруг электрода. В своде имеется также отверстие для отсоса запыленных газов и отверстие для кислородной фурмы.

Для загрузки шихты в печи небольшой емкости и подгрузки легирующих и флюсов в крупные, печи скачивания шлака, осмотра, заправки и ремонта печи имеется загрузочное окно, обрамленное литой рамой. К раме крепятся направляющие, по которым скользит заслонка. Заслонку футеруют огнеупорным кирпичом. Для подъема заслонки используют пневматический, гидравлический или электромеханический привод.

С противоположной стороны кожух имеет окно для выпуска стали из печи. К окну приварен сливной желоб. Отверстие для выпуска стали может быть круглым диаметром 120—150 мм или 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 электрододер-жателей делают из бронзы или стали и охлаждают водой, так как они сильно нагреваются как теплом из печи, так и контактными токами. Электрододержатель должен плотно зажимать электрод и иметь небольшое контактное сопротивление. Наиболее распространенным в настоящее время является пружинно-пневматический электрододержатель. Зажим электрода осуществляется при помощи неподвижного кольца и зажимной плиты, которая прижимается к электроду пружиной. Ог-жатие плиты от электрода и сжатие пружины происходят при помощи сжатого воздуха. Электрододержатель крепится на металлическом рукаве – консоли, который скрепляется с Г-образной подвижной стойкой в одну жесткую конструкцию. Стойка может перемещаться вверх или 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 или с помощью системы тросов и противовесов, приводимых в движение электродвигателями, или с помощью гидравлических устройств. Механизмы перемещения электродов должны обеспечить быстрый подъем электродов в случае обвала шихты в процессе плавления, а также плавное опускание электродов во избежание их погружения в металл или ударов о нерасплавившиеся куски шихты. Скорость подъема электродов составляет 2,5—6,0 м/мин, скорость опускания 1,0— 2,0 м/мин.

Механизм наклона печи должен плавно наклонять печь в сторону выпускного отверстия на угол 40—45° для выпуска стали и на угол 10—15 градусов в сторону рабочего окна для спуска шлака. Станина печи, или люлька, на которой установлен корпус, опирается на два – четыре 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 или гидравлическим приводом. Два цилиндра укреплены на неподвижных опорах фундамента, а штоки шарнирно связаны с опорными секторами люльки печи.

Система загрузки печи бывает двух видов: через завалочное окно мульдозавалочной машиной и через верх при помощи бадьи. Загрузку через окно применяют только на небольших печах.

При загрузке печи сверху в один-два приема в течение 5 мин меньше охлаждается футеровка, сокращается время плавки; уменьшается расход электроэнергии; эффективнее используется объем печи. Для загрузки печи свод приподнимают на 150—200 мм над кожухом печи и поворачивают в сторону вместе с электродами, полностью 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 вокруг шарнира на катках по дугообразному рельсу. Бадья представляет собой стальной цилиндр, диаметр которого меньше диаметра рабочего пространства печи. Снизу цилиндра имеются подвижные гибкие сектора, концы которых стягиваются через 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 непрерывно по трубопроводу, который проходит в отверстие в своде печи.

Во время плавления электроды прорезают в шихте три колодца, на дне которых накапливается жидкий металл. Для ускорения расплавления печи оборудуются поворотным устройством, которое поворачивает корпус в одну и другую сторону на угол в 80°. При этом электроды прорезают в шихте уже девять колодцев. Для поворота корпуса приподнимают свод, поднимают электроды выше уровня шихты и поворачивают корпус при помощи зубчатого венца, прикрепленного к корпусу, и шестерен. Корпус печи опирается на ролики.

**Очистка отходящих газов**

Современные крупные сталеплавильные дуговые печи во время работы выделяют в атмосферу большое количество запыленных газов. Применение кислорода и порошкообразных материалов еще более способствует этому. Содержание пыли в газах электродуговых печей достигает 10 г/м^3 и значительно 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 через зазор, позволяющий наклонять или 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 Вентури, в которых пыль задерживается в результате увлажнения. Применяют также тканевые фильтры, дезинтеграторы и электрофильтры. Используют системы газоочистки, включающие полностью 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 роль 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 этим применяемые для футеровки материалы должны обладать высокой огнеупорностью, механической прочностью, термо- и химической устойчивостью. Подину сталеплавильной печи набирают в следующем порядке. На стальной кожух укладывают листовой асбест, на асбест—слой шамотного порошка, два слоя шамотного кирпича и основной 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 примерно глубине ванны и может достигать 1 м для крупных печей. Стены печи выкладывают после 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 один монолитный блок. Стойкость стен достигает 100—150 плавок. Стойкость подины составляет один-два года. В трудных условиях работает футеровка свода печи. Она выдерживает большие тепловые нагрузки от горящих дуг и тепла, отражаемого шлаком. Своды крупных печей набирают из магнезитохромитового кирпича. При наборе свода используют нормальный и фасонный кирпич. 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 настоящее время широкое распространение получают водоохлаждаемые своды и стеновые панели. Эти элементы облегчают службу футеровки.

Ток в плавильное пространство печи подается через электроды, собранные из секций, каждая 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, после 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 этом электрододержатель приближается к своду. Наступает момент, когда электрод становится настолько коротким, что не может поддерживать дугу, и его необходимо 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 через ионизированные газы, пары металлов. При кратковременном сближении электродов с шихтой или друг с другом возникает короткое замыкание. Идет ток большой силы. Концы электродов раскаляются добела. При раздвигании электродов между ними возникает 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 сильный его разогрев. Температура анода может достигать 4000 градусов. Дуга может гореть на постоянном и на переменном токе. Электродуговые печи работают на переменном токе. В последнее время 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 период плавки металл еще не нагрет и его температура недостаточна для эмиссии электронов. Поэтому в начальный период плавки дуга горит неспокойно, прерывисто. После того как ванна покрывается слоем шлака, дуга стабилизируется и горит более ровно.

**Электрооборудование**

Рабочее напряжение электродуговых печей составляет 100 – 800 В, а сила тока измеряется десятками тысяч ампер. Мощность отдельной установки может достигать 50 – 140 МВ\*А. К подстанции электросталеплавильного цеха подают ток напряжением до 110 кВ. Высоким напряжением питаются первичные обмотки печных трансформаторов. На показана упрощенная схема электрического питания печи. В электрическое оборудование дуговой печи входят производства ремонтных работ на печи. следующие приборы:

1. Воздушный разъединитель, предназначен для отключения всей электропечной установки от линии высокого напряжения во время

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 еще холодная, дуги горят неустойчиво, происходят обвалы шихты и возникают короткие замыкания между электродами. При этом сила тока резко возрастает. Это приводит к большим перегрузкам трансформатора, который может выйти из строя. Когда сила тока превысит установленный предел, выключатель автоматически отключает установку, для чего имеется реле максимальной силы тока.

3. Печной трансформатор необходим 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 напряжение. Так, например, 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 напряжение на электрододержатель. Длина гибкого участка должна позволять производить нужный наклон печи и отворачивать свод для загрузки. Гибкие кабели соединяются с медными водоохлаждаемыми шинами, установленными на рукавах электрододержателей. Трубошины непосредственно присоединены к головке электрододер-жателя, зажимающей электрод. Помимо указанных основных узлов электрической сети в нее входит различная измерительная аппаратура, подсоединяемая к линиям тока через трансформаторы тока или напряжения, а также приборы автоматического регулирования процесса плавки.

**Автоматическое регулирование**

По ходу плавки в электродуговую печь требуется подавать различное количество энергии. Менять подачу мощности можно изменением напряжения или силы тока дуги. Регулирование напряжения производится переключением обмоток трансформатора. Регулирование силы тока осуществляется изменением расстояния между электродом и шихтой путем подъема или опускания электродов. При этом напряжение дуги не изменяется. Опускание или подъем электродов производятся автоматически при помощи автоматических регуляторов, установленных на каждой фазе печи. В современных печах заданная программа электрического режима может быть установлена на весь период 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 или 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 вместе с прилегающим к нему шлаком движутся в обратную сторону. Таким образом можно направить движение либо в сторону рабочего окна, что будет облегчать выход шлака из печи, либо в сторону сливного отверстия, что будет благоприятствовать равномерному распределению легирующих и раскислителей и усреднению состава металла и его температуры. Этот метод в последнее время имеет ограниченное применение, так как в сверхмощных печах металл активно перемешивается дугами.

**Плавка стали в основной дуговой электропечи**

**Сырые материалы**

Основным материалом для электроплавки является стальной лом. Лом не должен быть сильно окисленным, так как наличие большого количества ржавчины вносит в сталь значительное количество водорода. В зависимости от химического состава лом необходимо рассортировать на соответствующие группы. Основное количество лома, предназначенное для плавки в электропечах, должно быть компактным и тяжеловесным. При малой насыпной массе лома вся порция для плавки не помещается в печь. Приходится прерывать процесс 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 этого вида сырья, содержащего 85— 93 % железа, является то, что оно не загрязнено медью и другими примесями. Окатыши целесообразно применять для выплавки высо-копрочных 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.; кроме того много легированного лома поступает от машиностроительных заводов. Использование легированных металлоотходов позволяет экономить ценные легирующие, повышает экономическую эффективность электроплавок.

Мягкое железо специально выплавляют в мартеновских печах и конвертерах и применяют для регулирования содержания углерода в процессе электроплавки. В железе содержится 0,01—0,15 % С и <0,020 % Р. Поскольку в электропечах выплавляют основное количество легированных сталей, то для их производства используют различные легирующие добавки; электролитический никель или МЮ, феррохром, ферросилиций, ферромарганец, ферромолибден, ферровольфрам и др. В качестве раскислителя помимо ферромарганца и ферросилиция применяют чистый алюминий. Для науглероживания используют передельный чугун, электродный бой; для наведения шлака применяют свежеобожженную известь, плавиковый шпат, шамотный бой, доломит и MgO в виде магнезита.

**Подготовка материалов к плавке**

Все присадки в дуговые печи необходимо прокаливать для удаления следов масла и влаги. Это предотвращает насыщение стали водородом. Ферросплавы подогревают для ускорения их проплавле-ния. 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 сильно разъедают футеровку, которая может быть повреждена и при загрузке. Если подина печи во время не будет закрыта слоем жидкого металла и шлака, то она может быть повреждена дугами. Поэтому перед началом плавки производят ремонт – 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 порошок, а в случае больших повреждений – порошок с добавкой пека или смолы.

Заправку производят заправочной машиной, выбрасывающей через. насадку при помощи сжатого воздуха заправочные материалы, или, разбрасывающей материалы по окружности с быстро вращающегося диска, который опускается в открытую печь сверху.

**Загрузка печи**

Для наиболее полного использования рабочего пространства печи в центральную ее часть ближе к электродам загружают крупные куски (40 %), ближе к откосам средний лом (45%), на подину и на верх загрузки мелкий лом (15%). Мелкие куски должны заполнять промежутки между крупными кусками.

**Период плавления**

Расплавление шихты в печи занимает основное время плавки. В настоящее время 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, который закрывает обнаженный металл, предохраняя его от окисления. Постепенно озеро металла под электродами становится все больше. Оно подплавляет куски 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 период расплавлени» трансформатор работает с полной нагрузкой и даже с 15 % перегрузкой, допускаемой паспортом, на самой высокой ступени напряжения. В этот период мощные дуги не опасны для футеровки свода и стен, так как они закрыты шихтой. Остывшая во время загрузки футеровка может принять большое количество тепла без опасности ее перегрева. Для ускорения расплавления шихты используют различные методы. Наиболее эффективным является применение 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 или газовые горелки, которые вводят в печь либо через рабочее окно, либо через специальное устройство в стенах. Применение горелок ускоряет нагрев и расплавление шихты, особенно в холодных зонах печи. Продолжительность плавления сокращается на 15—20 мин.

Эффективным методом является применение газообразного кислорода. Кислород подают в печь как через стальные футерованные трубки в окно печи, так и при помощи фурмы, опускаемой в печь сверху через отверстие в своде. Благодаря экзотермическим реакциям окисления примесей и железа выделяется дополнительно большое количество тепла, которое нагревает шихту, ускоряет ее полное расплавление. Использование кислорода уменьшает длительность нагрева ванны. Период расплавления сокращается на 20—30 мин, а расход электроэнергии на 60—70 кВт-ч на 1 т стали.

Традиционная технология 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, метал-лизованных окатышей с добавкой науглероживателя. Избыточное количество углерода окисляют в процессе плавки. Металл легируют присадками ферросплавов для получения стали нужного состава. Во втором варианте состав стали почти полностью 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 период, задачи которого заключаются в следующем: окисление избыточного углерода, окисление и удаление фосфора; дегазация металла; удаление неметаллических включений, нагрев стали.

Окислительный период 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 период на металле наводят известковый шлак с хорошей 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 небольшой угол. Шлак стекает в шлаковик), стоящую под рабочей площадкой цеха. За время окислительного периода окисляют 0,3—0,6 % C со средней скоростью 0,3—0,5 % С/ч. Для обновления состава шлака одновременно с рудой в печь добавляют известь и небольшие 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

необходимы высокое содержание кислорода в металле и шлаке, повышенное содержание CaO в шлаке и пониженная температура.

В электропечи первые два условия полностью 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 через металл.

Выделение пузырьков СО сопровождается также и удалением из металла неметаллических включений, которые выносятся на поверхность потоками металла или поднимаются наверх вместе 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 также для получения стали с низким содержанием углерода, например хромоникелевой нержавеющей с содержанием углерода <=0,1 %, металл продувают кислородом. При продувке кислородом окислительные процессы резко ускоряются, а температура металла повышается со скоростью примерно 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 период заканчивается, когда содержание углерода становится ниже заданного предела, содержание фосфора 0,010%, температура металла несколько выше температуры выпуска стали из печи. В конце окислительного периода шлак стараются полностью убирать из печи, скачивая его с поверхности металла.

**Восстановительный период плавки**

После скачивания окислительного шлака начинается восстановительный период плавки. Задачами восстановительного периода плавки являются: раскисление металла, удаление серы.коррек-тирование химического состава стали, регулирование температуры ванны, подготовка жидкоподвижного хорошо раскисленного шлака для обработки металла во время 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 этого в печь присаживают шлакообразующие смеси на основе извести с добавками плавикового шпата, шамотного боя, кварцита. В качестве раскислителей обычно 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 большая часть растворенного кислорода связывается в оксиды и удаляется из ванны в виде нерастворимых в металле неметаллических включений. Процесс этот протекает достаточно быстро и продолжительность восстановительного периода в основном определяется временем, необходимым для образования подвижного шлака. В малых и средних печах при выплавке ответственных марок сталей продолжают применять метод диффузионного раскисления стали через 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 этот, хотя и не оставляет в металле оксидных неметаллических включений, требует значительно большей затраты времени. В восстановительный период плавки, а также при выпуске стали под слоем шлака, когда происходит хорошее перемешивание металла со шлаком, активно происходит десульфурация металла. Этому способствует хорошее раскисление стали и шлака, высокое содержание извести в шлаке и высокая температура. В ходе восстановительного периода вводят легирующие – ферротитан, феррохром и др., а некоторые, например никель, присаживают вместе с шихтой. Никель не окисляется и не теряется при плавке. Добавки тугоплавких ферровольфрама, феррониобия производят в начале рафинирования, так как нужно значительное время для их расплавления. В настоящее время большинство операций восстановительного периода переносят из печи в ковш. Например, в кош вводят порции легирующих или 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 используется при совместном выпуске из печи вместе со сталью.

**Одношлаковый процесс**

В связи с интенсификацией процесса электроплавки в последние годы получил большое распространение метод плавки в дуговой печи под одним шлаком. Сущность этого метода заключается в следующем: дефосфорация металла совмещается с периодом расплавления. Во время расплавления из печи скачивают шлак и производят добавки извести. В окислительный период 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 период с раскислением шлака порошками ферросилиция и кокса и раскислением металла кусковыми раскислителями. Окончательное раскисление производят в ковше ферросилицием и алюминием. В некоторых случаях вообще не проводят раскисления шлака в печи порошкообразными раскислителями.

**Переплав отходов**

На заводах специальных сталей количество образующихся отходов достигает 25—40 % от выплавляемой стали. Часть отходов поступает с машиностроительных заводов, поэтому в электросталеплавильных цехах 50 % легированных сталей выплавляют из шихты, состоящей только из них. Рациональное использование отходов дает большую экономию легирующих, электроэнергии, повышает производительность электропечей. В СССР легированные отходы разделяют на 82 группы. При расчете шихты стремятся использовать максимальное количество отходов данной марки стали или наиболее 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 вместе с шихтой, а прочие – V, Тi, Cr, Mn, Al, Si, Nb – стремятся вводить как можно позднее на разных стадиях плавки, в том числе и во время выпуска в ковш. Металл заданного состава получают в процессе рафинировки или в ковше. Во время плавки наводят высокоосновной, жидкоподвижный шлак, который 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 этом легирующие элементы восстанавливаются из шлака и переходят в металл, например, так восстанавливается оксид хрома: 2(Cr2O3)+3 (Si)=3(SiO2)+4 [Cr]. Продолжительность восстановительного периода в этом варианте технологии такая же, как и в плавках с окислением. Плавка на отходах значительно 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 период плавки и в периодрасплавления позволяет значительно интенсифицировать процессы расплавления и окисления углерода.

**Применение синтетического шлака**

Этот метод 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 основной сталеразливочный ковш. Ковш подают к печи и в него выпускают сталь. Струя стали, падая с большой 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 очередь 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 этом происходит значительное удаление оксидных неметаллических включений из стали благодаря ассимиляции, поглощению этих включений синтетическим шлаком и перераспределению кислорода между металлом и шлаком.

**Обработка металла аргоном**

После выпуска стали из печи через объем металла в ковше продувают аргон, который подают либо через пористые пробки, зафутерованные в днище, либо через 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 или кислорода) позволяет ускорить важнейшие процессы рафинирования стали: обезуглероживание, дефосфорацию, десульфурацию, раскисление металла.

В струе аргона или кислорода в ванну вдуваются порошки на основе извести, плавикового шпата. Для рас-кисления металла используют порошкообразный ферросилиций. Для окисления ванны и для ускорения удаленияуглерода и фосфора добавляют оксиды железа. Мелкораспыленные твердые материалы, попадая в ванну металла, имеют большую поверхность контакта с металлом, во много раз превышающую площадь контакта ванны со шлаковым слоем. При этом происходитинтенсивное перемешивание металла с твердыми частицами. Все это способствует ускорению реакций рафинирования стали. Кроме того, порошкообразные флюсы могут использоваться для более быстрого наведения шлака.

**Плавка в кислой электропечи**

Кислые электропечи футеруют огнеупорными материалами на основе кремнезема. Эти печи имеют более глубокие ванны и в связи с этим меньший диаметр кожуха, меньшие тепловые потери и расход электроэнергии. Стойкость футеровки свода и стен кислой печи значительно выше, чем у основной. 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 быстро 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 необходимо для литья. Недостатки кислых печей связаны прежде всего с характером шлака. В этих печах шлак кислый, состоящий в основном из кремнезема. Поэтому такой шлак не позволяет удалять из стали фосфор и серу. Для того чтобы иметь содержание этих примесей в допустимых пределах, необходимо подбирать специальные шихтовые материалы, чистые по фосфору и по сере. Кроме того, кислая сталь обладает пониженными пластическими свойствами по сравнению с основной сталью вследствие присутствия в металле высококремнистых неметаллических включений. Технология плавки в кислой электропечи имеет следующие особенности. Окислительный период плавки непродолжителен, кипение металла идет слабо, так как кремнезем связывает РеО в шлаке и тем самым скорость перехода кислорода в металл для окисления углерода снижается. Кислый шлак более вязкий, он затрудняет кипение. Шлак наводят присадками песка, использованной формовочной земли. Известь присаживают до содержания в шлаке не более 6—8 % СаО. Раскисление кислой стали проводят, как правило, присадкой кускового ферросилиция. Частично сталь раскисляется кремнием, который восстанавливается из шлака или из футеровки по реакциям:

(SiO2)+2Fe=2(FeO)+[Si]; (SiO2)+2[C]=2CO+[Si].

В отличие 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 вне электропечи.

Метод AOD. В электропечи выплавляют основу нержавеющей стали, содержащей заданное количество хрома и никеля, с использованием недорогих, высокоуглеродистых ферросплавов. Затем сталь вместе с печным шлаком заливают в конвертер, профиль которого представлен на рис. 81. 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 — данной марки стали, феррохром и т. п. Затем в течение 9 мин сталь продувают смесью кислорода и аргона в соотношении 1:1. В это время концентрация углерода снижается до 0,18%. В третьем периоде в продувочном газе еще более уменьшают отношение кислорода к аргону до 1:2, продувку продолжают еще 15 мин. За это время 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 наведения нового шлака проводят окончательную продувку аргоном. При этом 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 изменение температуры и состава металла. Степень извлечения хрома составляет 98%.

Метод VOD. Этот метод вакуумно-кислородного обезуглероживания с продувкой аргоном. В основе метода 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 этом создаются благоприятные условия для восстановления оксида хрома углеродом, что позволяет проводить процесс обезуглероживания без заметных потерь хрома со шлаком. Коррозионностойкую сталь выплавляют в электропечи с достаточно высоким содержанием углерода (0,3—0,5 %); сталь выпускают в специальный ковш с хромомагнезитовой футеровкой, имеющим в днище фурму для подачи аргона. Ковш устанавливают в вакуумную камеру, откачивают воздух и начинают продувку кислородом сверху через водоохлаждаемую фурму, которую вводят в камеру через крышку.

Одновременно производится продувка аргоном через дно ковша. После окончания продувки проводят присадку раскислителей и легирующих для корректировки состава. Расход аргона в этом способе значительно ниже чем в AOD (всего 0,2 м^3/т). Получаемая сталь содержит очень низкие концентрации углерода (0,01 %) при низком содержании азота. Окисление хрома незначительное. Для удаления серы в ковш загружают известь, что позволяет после раскисления и кратковременного перемешивания аргоном снизить концентрацию серы в металле до необходимых пределов. По сравнению с процессом AOD этот метод более сложен и применяется для производства сталей ответственного назначения с низким содержанием углерода. К достоинствам того и другого процесса следует отнести экономию дорогого низкоуглеродистого феррохрома, обычно использовавшегося при получении нержавеющей стали в дуговых печах, а также достижение низких содержаний углерода без значительных потерь хрома.

**Индукционные печи и плавка в них**

В настоящее время индукционные печи находят широкое применение в металлургии и машиностроении. В лабораториях используют высокочастотные печи емкостью от нескольких грамм до 100 кг, в литейных цехах низко- и среднечастотные печи до 2—6 т; наиболее крупные печи имеют емкость до 60 т.

По сравнению с дуговыми электропечами в индукционных печах отсутствие электродов и электрических дуг дает возможность получать стали и сплавы с низким содержанием углерода и газов. Плавка характеризуется небольшим угаром легирующих элементов, высоким электрическим к. п. д„ точным регулированием температуры металла.

Недостатком печей является холодный, плохо перемешиваемый шлак, что не позволяет так же интенсивно, как в дуговых печах, проводить процессы рафинирования. Стойкость футеровки в печах невысокая.

Основной тип современных высокочастотных или индукционных печей — это печи без сердечника. Такая печь состоит из индуктора-катушки, навитой из медной трубки с водяным охлаждением. Внутрь индуктора вставляется либо готовый огнеупорный тигель, либо тигель набивается порошкообразным огнеупорным материалом. При наложении на индуктор переменного электрического тока частотой от 50 до 400 кГц образуется переменное магнитное силовое поле, пронизывающее пространство внутри индуктора. Это магнитное поле наводит в металлической садке вихревые токи.

**Устройство индукционных печей**

В центре печи помещен индуктор. Он имеет вид соленоида и изготовлен из профилированной медной трубы. По трубе идет вода для ее охлаждения. Внутри индуктора набит огнеупорный тигель. Ток подается по гибким кабелям. Печь заключена в металлический кожух. Сверху тигель закрывается сводом. Поворот печи для слива металла осуществляется вокруг оси, расположенной у сливного носка. Поворотные цапфы печи покоятся на опорных подшипниках станин. Наклон печи проводится при помощи реечного механизма через подвижные шарниры-цапфы или гидроприводом. Небольшие печи наклоняют при помощи тали.

Футеровка печей может быть кислой или основной, набивной или кирпичной. Для набивки используют огнеупорные материалы различной крупности от долей миллиметра до 2—4 мм. Для основной футеровки применяют порошок магнезита с добавками хромомагнезита и борной кислоты для связки. Кислые смеси готовят на основе молотого кварцита. Набивку тигля ведут послойно вокруг металлического шаблона, форма которого соответствует профилю тигля.

После окончания набивки футеровку спекают и обжигают. В железный шаблон загружают чугун, включают ток, металл постепенно разогревается и нагревает футеровку. Затем металл доводят до плавления. В первой плавке расплавляют мягкое железо, что позволяет достичь высокой температуры для обжига футеровки. Крупные печи футеруют фасонным огнеупорным кирпичом.

**Электрическое оборудование**

Индукционные печи питаются током высокой частоты от ламповых генераторов или током средней частоты (2500 Гц) от машинных преобразователей. Крупные печи работают на токе промышленной низкой частоты (50Гц от сети). Эти печи часто служат в качестве миксеров жидкого металла в литейных цехах.

В схему входят машинный генератор, батарея конденсаторов и автоматический регулятор, плавильный контур. Преобразовательный агрегат состоит из асинхронного электродвигателя, вращающего генератор и динамомашину, которая дает ток в обмотки возбуждения генератора.

Для компенсации реактивной мощности и создания электрического резонанса устанавливают батарею конденсаторов. Часть конденсаторов может быть отключена для изменения емкостной составляющей. Резонанс бывает при условии ?L=1/?C (L–коэффициент самоиндукции печи, C – емкость конденсатора, ? – угловая частота). Подбирая переменную емкость, можно работать в условиях, близких к резонансу, т.е. поддерживать cos? близкий к единице.

Автоматический регулятор электрического режима поддерживает оптимальную электрическую мощность взаимосвязанным регулированием cos?, напряжения и силы тока.

**Технология плавки стали в индукционной печи**

Плавку проводят на высококачественном ломе с пониженным содержанием фосфора и серы. Крупные и мелкие куски так укладывают в тигель или бадью, с помощью которой загружают крупные печи, чтобы они плотно заполняли объем тигля. Тугоплавкие ферросплавы укладывают на дно тигля. После загрузки включают ток на полную мощность. По мере проплавления и оседания скрапа подгружают шихту, не вошедшую сразу в тигель. Когда последние куски шихты погрузятся в жидкий металл, на поверхность металла забрасывают шлакообразующие материалы: известь, магнезитовый порошок, плавиковый шпат. Шлак защищает металл от контакта с атмосферой, предотвращает тепловые потери. По ходу плавки шлак раскисляют добавками порошка кокса, молотого ферросилиция. Металл раскисляют кусковыми ферросплавами и в конце алюминием. По ходу плавки дают добавки легирующих. Поскольку угара легирующих практически не происходит, то в индукционных печах можно выплавлять сплавы сложного состава.

**Список использованной литературы**

1. Металлургия черных металлов; Б.В. Линчевский, А.Л. Соболевский,

А.А. Кальменев