# Содержание

Задание 2

Содержание 3

Введение 4

1 Феросплавные печи 5

1.1 Конструкция феросплавных печей 5

2 Машины и механизмы феросплавных печей 9

2.1 Механизмы перемещения и перепуска электрода 9

2.2 Механизм вращения копуса печи 12

3 Расчет. Рудовосстановительная печь 13

3.1 Oпределение мощности трансформатора электрических параметров печи 16

3.2 Определение диаметра электрода геометрических размеров ванны печи……………………………………………………………………………… 20

Заключение 27

Список использованных источников 28

Введение

Ферросплавные печи по назначению могут быть восстано­вительными или рафинировочными, а по конструкции — Открытыми, полузакрытыми и герметизированными, кото­рые часто объединяют общим названием — закрытые печи С дожиганием газа под сводом как со стационарными, так и с вращающимися ваннами. В зависимости от формы ванны печи бывают круглыми, прямоугольными, треуголь­ными и овальными. По способу выдачи из печи сплава и шлака печи подразделяются на неподвижные и наклоняю­щиеся. Имеются также печи с выкатными ваннами.

Печи для рафинировочных процессов, предназначенные для выплавки рудоизвесткового расплава, рафинированных феррохрома и ферромарганца, ферровольфрама и др., по конструкции близки к электросталеплавильным дуговым печам, поэтому рассмотрим устройство рудовосстановительных печей для производства ферросплавов.

1 ФЕРРОСПЛАВНЫЕ ПЕЧИ

1.1 КОНСТРУКЦИИ ФЕРРОСПЛАВНЫХ ПЕЧЕЙ

В промышленности используются ферросплавные печи однофазные и трехфазные; ведутся работы по использова­нию печей, работающих на токе пониженной частоты и на постоянном. Однофазные печи в настоящее время имеют ограниченное применение. Трехфазные печи строят или с расположением электродов в одну линию (прямоугольные печи) или в большинстве случаев с расположением элек­тродов по вершинам треугольника (круглые или треуголь­ные печи).

Печи большой мощности изготавливают и с шестью электродами.

Наиболее широко распространены в ферросплавной промышленности круглые трехфазные печи. В круглой пе­чи, электроды которой расположены по треугольнику, теп­ло концентрируется достаточно хорошо для того, чтобы об­разующиеся под каждым электродом плавильные тигли соединялись между собой. Такие печи имеют минимальную теплоотдающую поверхность и обеспечивают лучшее ис­пользование тепла. При хорошей конструкции короткой сети и наличии установок искусственной компенсации реактивной мощности такие печи могут иметь высокий ко­эффициент мощности, превышающий 0,95, даже для печей мощностью 40—100МВ-А.

Прямоугольные трехэлектродные печи имеют сравни­тельно низкий печной установки, для них характерно появление «дикой» и «мертвой» фаз, поэтому в настоящее время такие печи для производства ферросплавов не строят. Прямоугольные шестиэлектродные печи с тремя одно фазными трансформаторами (рис. 1), представляющие собой По-существу три однофазных печи с общей ванной, и значительной степени свободны от этих недостатков и имеют ряд достоинств, в частности при их использовании облегчается загрузка шихты, легче регулируется расстоя­ние между электродами в зависимости от электрического сопротивления применяемой шихты. Такие печи отечествен­ной конструкции мощностью 63 MB-А успешно эксплуатируются при производстве сплавов марганца.



Шихтовые материалы, особенно при производстве крем­нистых сплавов, попадая в зону высоких температур, на­чинают оплавляться и спекаться, что резко ухудшает газопроницаемость шихты. Для восстановления нормально­го положения приходится прокалывать шихту жердями, ме­таллическими прутьями и т. п. Для устранения этих явлений были предложены печи с вращающейся ванной, имею­щие следующие достоинства:

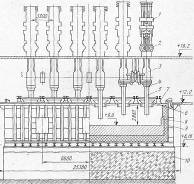


Рисунок 1. Прямоугольная закрытая шестиэлектродная печь:

*1 —* механизм перепуска электродов; *2* — механизм перемещения элект­родов; 3 — короткая сеть; *4* — кольцо зажима электродов; 5 — элект­род; *6 —* загрузочная воронка; 7 — свод; 8 — футеровка ванны печи *9 —* кожух печи; *10 —* фундамент печи

1. Улучшение хода восстановительного процесса, так как обеспечиваются хорошая газопроницаемость шихты, разрушение настылей на колошнике и перегородок в подсводовом пространстве.
2. Удлинение срока службы футеровки печи.
3. Облегчение разрушения карборунда и шлакового «козла» по всей площади ванны, что обеспечивает удлине­ние кампании печи, особенно при производстве кристалли­ческого кремния и углетермического силикокальция.

В рафинировочных печах вращение ванны в ряде слу­чаев также целесообразно: например, обеспечивается рав­номерное вычерпывание сплава при производстве ферро­вольфрама, а при производстве рафинированного ферро­хрома и силикотермического силикокальция повышается стойкость футеровки и равномерно распределяется шихта по колошнику печи. Отечественный опыт показывает, что вращение ванны печи позволяет повысить ее производительность на 3—6 % и снизить удельный расход электро­энергии на 4—5 % при одновременной значительной эконо­мии сырых материалов.

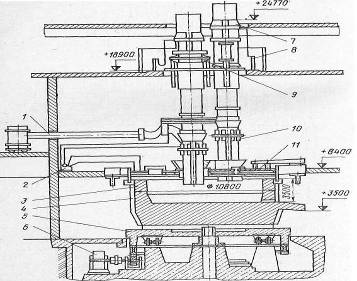


Рисунок 2. Схема закрытой печи мощностью 33 МВД:

1*—* короткая сеть; *2 —* система водоохлаждения; *3* — футеровка ванн; *4 —* кожух; 5 — плита механизма вращения; 6 —механизм вращения ванны; 7 — механизм перепуска электродов; S — система гидропривода; *9* — гид­роподъемник; *10* — контактные щеки; *11* — свод

Для улучшения показателей процесса, защиты воздуш­ного бассейна, утилизации газов, имеющих теплоту сгора­ния — 10,9 МДж/м3, и улучшения условий труда и службы оборудования в производстве ферросплавов широко применяют закрытые печи. Эти печи (рис.2) в основных деталях аналогичны открытым печам, но дополнительно имеет­ся свод. В таких печах ~15 % газа из подсводового прост­ранства проходит через шихту, находящуюся в загрузочных во­ронках, и сгорает над ней. За­грузка шихты осуществляется при помощи загрузочных труб и воронок в кольцевые отверстия между электродами и загрузочными воронками. Для сокращения длины электрода и, полной герме­тизации подсводового простран­ства печи все шире используют герметизированные электропечи, у которых электрододержатель помещен в подсводовое пространство, имеется уплотнение вокруг электродов и загрузочных труботечек, которые подают шихту под свод печи. В последнее время на­чата эксплуатация рудовосстановительных электропечей с парогенераторами и дожиганием газа под сводом печи, который в этом случае выполняет роль па­роперегревателя (рис.3). Газ очищают в рукавных филь­трах, степень очистки составляет 98%.

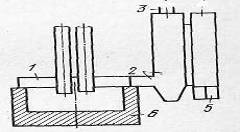


Рисунок 3. Схема парогенератора печи мощностью 75 МВА для выплавки 75%-ного ферроси­лиция:

1— свод (пароперегреватель); *2 —* горизонтальный и верти­кальный газоотводы; *3 —* ава­рийная труба; *4* — вертикальный котел; 5 — вентиляторы; 6—ванна

Рис. 94. Схема парогенератора печи мощностью 75 МВА для выплавки 75%-ного ферроси­лиция:

/ — свод (пароперегреватель); *2 —* горизонтальный и верти­кальный газоотводы; *3 —* ава­рийная труба; *4* — вертикальный котел; 5 — вентиляторы; *6* •— ванна

2. МАШИНЫ И МЕХАНИЗМЫ ФЕРРОСПЛАВНЫХ ПЕЧЕй

2.1 Механизмы перемещения и перепуска электродов

На ферросплавных печах применяют набивные самоспекающиеся электроды, представляющие собой цилиндрический кожух из листовой стали, набиваемый электродной массой. Массу приго­товляют из смеси антрацита (или термоантрацита), кокса, ка­менноугольного пека или смолы. По мере расхода электрода ме­таллический кожух наращивают путем приварки новых секций. Электроды набивают в среднем один раз в сутки.

Для перемещения электродов применяют механизмы канат­ного, винтового и гидравлического типов*.* Недостатками канатных механизмов являются быстрый износ проволочных канатов, ра­ботающих в абразивной атмосфере, значительные габариты ле­бедок, необходимость снабжать механизм специальным постоянно действующим тормозным устройством, ограничивающим скорость опускания электрода при использовании электроприводов пере­менного тока. Винтовые механизмы имеют низкий к. п. д. и ма­лую стойкость червячных редукторов и винтовых пар. Гидравли­ческие механизмы широко применяют на мощных рудотермических печах вследствие их компактности при большой массе элек­тродов, надежности и ремонтопригодности. Этому способствует также удобство их компоновки с пружинно-гидравлическими ме­ханизмами перепуска электродов.

На каждом электроде установлено отдельное гидравлическое подъемно-перепускное устройство, состоящее из двух механизмов перемещения и перепуска электрода. Механизм перемещения электрода обеспечивает его большой ход и требуемое положение в ванне печи, а механизм перепуска — опускание электрода под действием собственного веса на ограниченную величину по мере сгорания.

Общая компоновка узла механизмов перемещения и перепуска электродов рудотермической печи мощностью 16 500 кВА при­ведена на рис. VIII.2. Электрод вводят в несущий цилиндр *8* и удерживают пружинно-гидравлическим механизмом перепуска электрода, расположенным на несущей траверсе *5* и состоящим из колец / и *3* с зажимами и гидроцилиндров *2.* Передвижение траверсы, а вместе с ней несущего цилиндра и электрода осуще­ствляют тремя плунжерными гидроцилиндрами *4* с подвижными корпусами, связанными с траверсой и расположенными под углом 120°. Масло подводят через пустотелые плунжеры. Сферические головки плунжера входят в опорные стаканы *9* и обеспечивают самоустанавливание устройства. Во избежание прохода газов и пыли между несущим цилиндром и рамой устройства *10* приме­нено кольцевое уплотнение *6* из резиновой ленты с огнеупорными вставками и нажимными пружинами. Для предупреждения воз­можного перекоса несущего цилиндра на двух горизонтах уста­новлены упорные ролики 7, по шесть роликов в каждом ряду.

Механизм перепуска электрода (рис.4) состоит из двух колец *1* и *4,* снабженных шестью пружинно-гидравлическими за­жимами (буксами) *3* каждое, и подъемных гидроцилиндров *2.*

Нижнее кольцо / закрепле­но на несущей траверсе, верх­нее перемещается тремя плун­жерными гидроцилиндрами, закрепленными на нижнем кольце. Электроды зажимаются шестью щеками *5,* покрытыми слоем 7 маслостойкой резины и связанными между собой планками *6.* Радиальное при­жатие щек выполняют рабочие пружины *10,* воздействующие на бугели *9.* Освобождение элек­трода производят гидроцилинд­рами *11,* которые при этом сжимают пружины и отводят бугели. Гидроцилиндры соеди­нены кольцевыми маслопрово­дами *8* снапорной станцией и панелью управления.

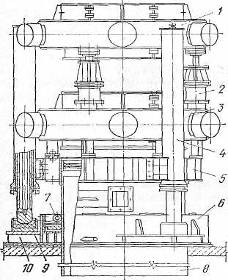


Рисунок 4 Механизм перепуска электрода.

Последовательность опера­ций при перепуске электрода следующая. Перед началом ра­боты механизма верхнее кольцо опущено и на электрод наложены зажимы обоих колец. Освобождают зажимы верхнего кольца и поднимают его гидроцилиндрами в крайнее верхнее положение. Далее последовательно накладывают на электрод зажимы верх­него кольца и освобождают зажимы нижнего кольца. При сбросе масла из подъемных гидроцилиндров электрод получает пере­пуск, равный их ходу. На опущенный электрод накладывают зажимы нижнего кольца.

Электрододержатель (рис. VIII.4) должен обеспечить удержа­ние электрода и надежный подвод тока к нему. В кольце электрододержателя *1* закреплены по окружности шесть гидроцилиндров 7, обеспечивающих прижатие токоподводящих бронзовых башмаков к электроду. Кольцо с несущим цилиндром *3* механизма переме­щения электрода соединено трубчатыми водоохлаждаемыми под­весками *2.* Нижний пояс несущего цилиндра снаружи защищен водоохлаждаемыми коробками *4.* Водоохлаждаемые элементы *5* электрододержателя соединены медной трубопроводной арма­турой *6.*

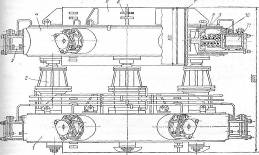


Рисунок 3-Механизм перепуска электрода.

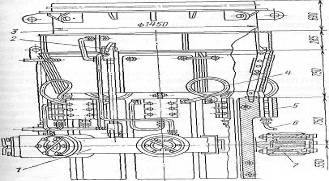


Рисунок 4-Механизм зажима электрода.

2.2 Механизм вращения корпуса печи

В конструкциях опорно-поворотной части и механизма вращения, мощных рудотермических печей учитывают два основных фак­тора — большую массу печи (800 т и более) и малую скорость ее вращения (1 оборот за 30—200 ч). Опорно-поворотную часть выполняют трех основных типов:

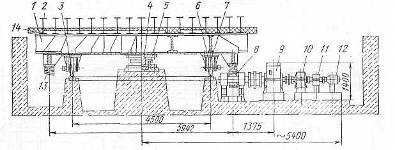


Рисунок 5. Механизм поворота ферросплавной печи

1. с платформой, опирающейся круговым рельсом на тумбы  
   с опорными и упорными роликами (по типу дуговых электропечей);
2. с платформой, поворачиваемой на катках в кольцевой  
   обойме;
3. с платформой, перемещающейся на ходовых роликах по  
   стационарному круговому рельсу.

Последний тип наиболее часто применяют в конструкциях мощных отечественных ферросплавных электропечей.

На рис.5 показан механизм поворота корпуса ферро­сплавной печи с цилиндрическими редукторами и открытой ко­нической передачей.

Поворотную платформу *1* (поддон) выполняют сварной кон­струкции, реже железобетонной. Корпус печи устанавливают на систему мощных двутавровых балок *2,* образующих каналы для воздушного охлаждения днища печи. Платформа защищена от теплового воздействия слоем огнеупорного кирпича *14.* Ее по­ворот происходит по круговому рельсу *3* на двадцати безребордных ходовых роликах *7* со сферическими поверхностями катания, заключенных в обоймы *6.* От горизонтальных смещений платформы предусмотрена центральная опора *4* со сферическим роликопод­шипником 5. Привод состоит из электродвигателя постоянного тока *12* с регулируемой частотой вращения, трех двухступенча­тых цилиндрических редукторов *9*—*11* и открытой конической передачи *8,* зубчатый венец *13* которой прикреплен болтами к платформе. Приводы с червячными редукторами применяют значительно реже из-за более низкого к. п. д., повышенного износа и меньшей надежности.

Техническая характеристика механизма вращения корпуса ферросплавной электропечи мощностью 16,5 MB-А

Время одного оборота корпуса, ч 33—132

Передаточное число зубчатых передач привода 1 975 000

Момент сопротивления вращению корпуса, кН-м 332

*\* К. п. д. привода 0,1

Мощность электродвигателя, кВт 1,6

3.РУДОВОССТАНОВИТЕЛЬНАЯ ПЕЧЬ

Рудовосстановительные печи (ферросплавные печи) являются наиболее широким и сложным классом дуговых печей сопротивления, различающихся по назначению, особенностям технологического процес­са и конструкциям.

Все рудовосстановительные печи относятся к печам смешанного нагрева. Тепловая энергия выделяется непосредственно в ванне печи за счет горения закрытой дуги и активного сопротивления электрическому току.

Ванна печи сложная по своему устройству. Она содержит шихту, находящуюся в различном физико-химической состоянии (от твердых кусков до тестообразной магмы), шлак и металл. Технологические процессы, протекающие в ванне, очень разнообразны. В свою очередь, электрические и геометрические параметры печей зависят от проте­кающих в них процессов. В печах небольшой мощности эта зависи­мость мало заметна, т.е. сходство электрических режимов позволяет использовать такую ванну для различных процессов. С ростом мощнос­ти печей и усложнением их конструкции, а также повышением требова­ний к качеству продукта стало очевидной необходимость дифференци­рованного подхода к выбору. конструкции ванны и ее параметров, с учетом особенностей технологического процесса. В настоящее время рудовосстановительные печи делятся по конструктивному исполнению на открытые, закрытые и герметичные с вращающейся или неподвижной ванной. Ванна печи может быть круглой, прямоугольной треугольной, овальной.

.Наибольшее распространение получили печи с круглой вращаю­щейся ванной с тремя электродами, расположенными по вершинам рам постороннего треугольника. Таких печей для производства ферросплавов у нас в стране и за рубежом подавляющее большинство (свыше 95 *%)*.

В рудовосстановительных печах преимущественно используют самоспекающиеся электроды системы Седерберга, позволяющая создать непрерывно наращиваемые электроды любых размеров и небольшой мас­сы. Они бывают кок круглого, так и прямоугольного сечения.

Большим достижением в развитии рудотермических печей яви­лось применение закрытого колошника, что позволило улучшить усло­вия труда, а также утилизировать потенциальную энергию печных газов. Одновременно усовершенствовали конструкцию верхнего строение печей. Использование электродов больших размеров, герметичных сводов а также требования дистанционного управления и автоматизации управления печью привели к широкому распространению гидравлических устройств для перепуска и передвижения электродов и т.д. Тенденция дальнейшего увеличения производства ферросплавов И других продуктов рудовосстановительных печей неизбежно приведет, как и в прошлом, к росту единичных мощностей вечных установок. Единичная мощность рудовосстановительных электропечей в настоящее время для феррохрома и ферросилиция составляет 105 MB.А(65 МВт), для ферромарганца и силикомарганца - 80 MB.A (58 МВт). МОЖНО ОЖИДАТЬ появления в ближайшие годы рудовосстановительных электропечей мощностью до 200 MВ.А, если учесть, что мощность, выделяющая на электроде, достигла 35 MB.A (23 МDт),то 6-тиэл.печь может иметь мощность *210* МВ.А.

Тенденция увеличения числа электродов рудовосстановительных ПЕЧЕЙ оправдана с электротехнической точки зрения, нескольку напряжение между электродами и подиной и шестиэлектродной печи составляет половину линейного, a в трехэлектродной печь меньше 15 *%*,чтопозволяет иметь лучшие показатели для шестиэлектродной печи. Двенадцатиэлектродная печь с кольцевой ванной позволяет совместить все конструктивные преимущества круглы и при угольных печей и значительно повысить пределы единичных мощностей электропечей. При этом не предполагается значительно увеличивать достигнутый уровень освоения диаметров самоспекающихся электродов, составляющий до 2000 MM,поскольку при дальнейшем увеличении диаметра все больше снижается активное сопротивление ванны и рабочее напряжение, что в коночном счете резко снижает, ожидаемы прирост производительности вследствие ухудшения коэффициента мощности.

В настоящее время не представляется возможным установить предел единичной мощности многоэлектродной печи.

По мере увеличения единичной мощности электропечных агрегатов.

Всеболее утрачивается практическое представление об установленной мощности трансформатора. Если на малых печах установленная и используемая мощности отличаются незначительно (на 10-12%),то установленная мощность трансформаторов большее печей отличается от используемой мощности почти в *2* раза ,а их естественный коэф­фициент мощности отличается на 45-50 *%.*Причиной низкого естественного коэффициента мощности является тот факт ,что с увеличени­ем мощности печи меняется соотношение активного и реактивного coпротивлений электрического контура»

Новые требования энергосистемы о соблюдении потребителем

обусловливает oзначение электропечных агрега­тов установками компенсации реактивной. мощности (УПК) продольно-



или поперечно-емкостной.

Кардинально решить проблему повышения коэффициента мощности можно лишь за счет перевода печей на питание токами пешменной

частоты или постоянным током.

Ближайшие 15-20 лет предполагается дальнейшее укрупнению

электропечных агрегатов до мощности 100-160 MB.A совершенствование конструкций закрытых печей их герметизация о применением различных методов интенсификации плавки (сдувание газа и пыли, загрузка мелочи через полые электроды, сжигание газа под оводом |применение выпрямленного тока плазменного нагрева и т.д.).

3.1 Определение мощности трансформатора и электрических параметров печи

Расчет рудовосстановительных печей ведут обычно по заданной мощности, но иногда ее надо определить. Исходными данными для это­го служат требуемая производительность и удельный расход электри­ческой анергии на I т продукта. Последний не является величиной строго постоянной и колеблется в зависимости от качества шихтовых материалов и размеров печи. Для расчета принимающий, высший удельный расход энергии, что позволяет иметь запас для увеличения произво­дительности.

Эти исходные данные необходимы для определения годового пот­ребления активной электроэнергии ( *W* ,квт.ч) на одной РВН

(2.1)



где *WyдG* - удельный расход электроэнергии, квт.ч/т;

*G-* - годовая производительность печи, т Активная мощность (Ра, кВт) проектируемой печи

(2.2)



где - коэффициент, учитывающий время на планово-предупредительные работы ~0,985;



- то же, на средний ремонт, *~* 0,98;



- то же, на капитальный ремонт, *~* 0,96;



- коэффициент использования установленной мощности*~*0,95; 365x24 - число календарных часов в году.



Полезная мощность (Рпод., кВт), выделяемая электрическим током в сопротивлении ванны

(2.3)



Анализ баланса мощности действующих ферросплавных печей не­прерывного действия дает следующие значения электрического к.п.д»  
()



а) бесшлаковые процессы

0,83-0,86 - для печи с открытой ванной,

0,87~0,90 - для печи с закрытой ванной при мощности10-30 МВА, 0,90-0,"2 - для печи с закрытой ванной при мощности 60-75 МВА; б)шлаковые процессы

0,90-0,92 - для печи с круглой ванной,

0,08 -для печи с прямоугольной ванной.

Электрический к.п.д. ферросплавных печей периодического дей­ствия составляет 0,87-0,95.   
Полезная мощность на один электрод (Рпол.фкВт)

(2.4) где n - число электродов, выбираемых по минимальным затратам.



Тенденция дальнейшего увеличения производства ферросплавов и других продуктов рудовосстановительных печей неизбежно приве­дет к росту единичных мощностей печных установок. Однако темпы этого роста и выбор типа установки для любого конкретного пред­приятия связаны со стремлением снизить капитальные и эксплуатаци­онные затраты на тонну ферросплавов, обеспечить приемлемые условия труда и непрерывность работы печей и цеха. Такой выбор основывается на технико-экономической оценке показателей электропечей. Например, из установленной зависимости удельных приведенных зат­рат от мощности печи и количества электродов (n) следует, что:

- в диапазоне до 60-80 МВА неоспоримые преимущества имеет трехэлектродная печь (n=3) благодаря простоте конструкции и обслу­живания;  
- шестиэлектродная печь *(*n=6) может успешно применяться в диапазоне мощностей 60-100 МВА;

- при более высоких значениях мощности значительными преимуществ­  
вами обладает двенадцатиэлектродная кольцевая печь (n =12).

Общепринятой методики выбора электрических параметров ферро сплавной печи не разработано и их выбирают, исходя из принципа по­добия параметров, характерного для хорошо работающих "образцовых" печей, некоторые эксплуатационные показатели которых приведены в таблице I.

Таблица I.

Эксплутационные показатели «образцовых» ферросплавных печей

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Сплав  Ферросилиций: |  | С |  |  |
| 45%-ный  65%-ный  75%-ный | 0,84  0,80-0,91  0,84 | 5,1-5,2  5,5  5,4 | 4,9-6  5,1-5,5  5,5-5,6 | 400  560  430 |
| Ферросиликохром  Углеродистый  Феррохром 0,87 7,7 6,7 350  Силикомарганец 0,80 9,6 5,5-5,6 310  Углеродистый  Ферромарганец 0,78 7,8 4,7 240  Силикокальций 7,1 12 530 | | | | |

Исходя из принципа сходимости с практическими данными наи­более рационален метод А.С.Микулинского, согласно которому полез­ное фазовое напряжение (Uпол.ф,В) равно:



где *м* и *с* - постоянные коэффициенты, характеризующие определенный тип процесса.

Коэффициент характеризует распределение мощности в ванне печи в зависимости от вида процесса. Для бесшлаковых процессов с преобладающим объемным распределением энергии, значение *т* следу­ет принимать рапным 0,33, а для многошлакоиых (шлаковых) процес­сов с преобладанием распределении мощности по поверхности м=0,25.

Значения коэффициента С, определенные статистической отрабо­ткой показателей действующих печей и зависимые от видавыплавляемого продукта, приведены в табл.1.

Ток (рабочий) в электроде (кА)

(2.6)



Номинальная мощность печи (кВА) равна:



(2.7)



где - коэффициент мощности (табл.1). При выборе значения необходимо иметь в виду следующее. С ростом мощностей рудовосстановительных печей увеличение тока значительно опережает рост рабочих вторичных напряжений. При этом резко возрастает индуктивная составляющая падения напряжения, а следовательно, понижается печной установки. Для обеспечения высоких электротех­нических показателей на печах мощностью свыше 16,5 MB.А применя­ют установки поперечной и продольной емкостной компенсации реак­тивной мощности (УПК),которые позволяют поднять значение до 0,9-0,96.



Номинальную мощность трансформатора Sтp(кВА) принимают из соотношения

*Sтp-* (1,2*S'* (2.8)



Превышение *Sтp* над *S'* вызвано необходимостью иметь ре­зерв мощности, осваиваемый после длительного периода эксплуатации расчет улучшения технологического процесса, подбора новых шихто­вых материалов и др.

Номинальная мощность трансформатора, определенная по формуле (2.8) сравнивается с принятым в СССР размерным рядом мощностей рудовосстановительных печей: 2,5;3,5; 4,5; 7,5; 10,5; 16г6;24,0; 33,0; 43,0; 63,0; 72,0; 100,0; 150,0; 250,0; 400,0; МВ.А. При этом принимается ближайшая мощность трансформатора ( *Sтp* ).

Линейное рабочее напряжение *(uл* ,В) в точке соединения паке­та короткой сети с выводами печного трансформатора равно:

(2.9)



где *К*- поправочный коэффициент, учитывающий схему соединения вторичных обмоток трансформатора. Если обмотки соединены го схеме треугольник, , по схеме звезды К=, по однофазной схеме (когда обмотки трансформатора независимости друг от друг K=2.



Для выбора ступеней напряжения трансформатора принимают ин­тервал вторичных линейных напряжений (В):  
от низшего (2.10)



до высшего (2.11)



Перепад напряжений между ступенями равен, В:

(2.12)



Номинальный ток вовторичной обмотке печного трансформатора,

1ном (кА)

(2.13)



3.2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИАМЕТРА ЭЛЕКТРОДА

ГЕОМЫТРИЧЬСКИХ РАЗМЕРОВ ВАННЫ ПЕЧИ.

Диаметр самоспекающегося электрода ( *Dэл*,мм) выбирают из рациональных (освоенных в промышленности) для технологичес­кого процесса плотностей тока в электроде (табл. I)



(2.14)



У нас в стране принят размерный ряд самоспекающихся круглых электродов диаметром от 350 до 2400 мм (350,600,750,950,100О, 1200,1400,1500,1700,1900,2000 и т.д.) и прямоугольных (плоских) электродов размером до 3200 х 800 мм, определяемый размерами стальных кожухов.

Расчетное значение диаметра электродасопостовляется а размерным рядоми принимается; ближайшая большая величина



Толщина кожуха электрода (мм) определяют по формуле



(2.15)



где - диаметр выбранного электрода в соответствии с раз­мерным рядом, мм.



Полный максимально, допустимый ток (1доп,А) самоспекающего электрода диаметром (мм)



(2.16)



где - глубина проникновения переменного тока частотой 50 Гц (обычно600 мм).



Выбранный размер электрода (*)* должен обеспечить условие



При определении геометрических параметров рабочего простран­ства круглой трехфазной печь исходной величиной является диаметр электрода и все другие геометрические размеры ванны (рис.6,а) выражается через .



В круглой трехфазной печи (рис.6,в) вес три реакционные зо­ны диаметром *Dp* (mм)

(2.17)



где *Dp* - плотность мощности в объеме реакционной зоны табл. 1) в кВт/м3,- должны сходиться в центре печи ^следовательно диаметр распада электродов Др,э. ровен диаметру реакционной зоны *Dp* .

Расстояние между осями электродов, называемые распадом, равно

(2.18)



Расстояние между каждым электродом и центром ванны одинаково и равно 0,5 *Dp.*Уменьшение или увеличение этого расстояния в рудовосстановительных печах нежелательно. В первом случае в центре ванны повысится плотность мощности, что приведет к плавлению ших­ты и более ускоренному ее сходу на этом участке, во втором между электродами появится участок с малой плотностью мощности, что приведет к превращению шихты в нем в гарнисаж.

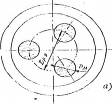
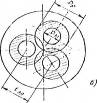
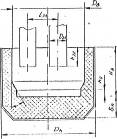


Рисунок 6- Расчетный эскиз круглой ванны а) и реакционные зоны рудовосстановительных печах б).

Для создания внешнего гарниссажа, представляющего хорошую ог­неупорную теплоизоляцию, защищающую футеровку, диаметр ванны дол­жен быть больше диаметра окружности, охватывающий действующие

объемы реакционных зон электродов, расположенных: по вершинам пра­вильного треугольника. Диаметр такой окружности составляет *2 Dp* или *2Ррэ и* действующие отечественные ночи как открытые ,так и закрытие имеют ванну диаметром

(2.19)



Следует строить ванны диметром

(2.20)



Хотя в трехфазной ванне с погруженными электродами активная высота ванны (II) должна равняться распаду электродов:

(2.21)



в работающих печах отношение *H/tэл* (или, что то же, H*в/Dр,э* ) колеблется в пределах от 0,8 до1,14 при средней величине 0,95 м. какой-либо определенной зависимости этого отношении от процесса плавки не наблюдается. Поэтому исходя из того, что действующая (активная) глубина погружения электродов

(2.22)



которая для печей бесшлаковых процессов о удельным расходом энергии 7-13 МВт.ч

(2.23)



а для этих же печей при расходе энергии 4-7 МВт.ч

(2.24)



и многошлаковых и рудоплавильныхx печей

(2.25)



а также учитывая то, что для всех ванн о проводящим угольным подом отношение

(2.26)



при средней величине 0,07, можно представить активную высоту ванны как сумму *hэл*и *h0*:

(2.27)



Общая высота ванны (высота шихты).

(2.28)



Параметры прямоугольной ванны (рис.8,а) также определяются исходя и» размера плоского электрода сечением аэл хвЭл ,а также площадью равновеликого круглого электрода диаметром Dэлустановленного исходи из расчета по формуле (2.14).

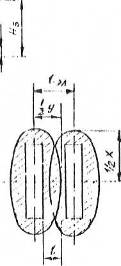
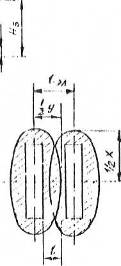
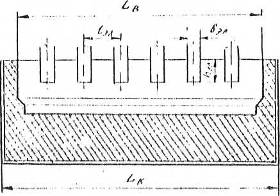
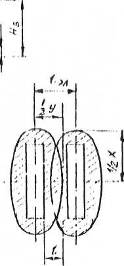
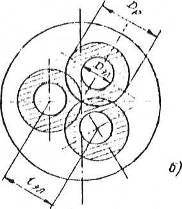
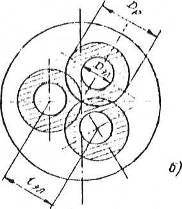


Рис. 8. Расчетный эскиз прямоугольной панны (а) и реакционные зоны в действующих рудовосстановительных почах (б)

Стороны плоского электрода площадь которого соответствует площади круглого электрода диаметром *D* эл. ,определяется исходя из следующих соотношений:



где (4,0 – 5,0)



Плоские электроды того же сечения, что и круглые, в прямоу­гольной ванна должны располагаться ближе один к другому, посколь­ку токоподводы этих электродов имеют и сечении форму эллипса (рис.8,6).

Если относительная ширина реакционного слоя уплоских электродов



(2.31)



тогда расстояние между осями электродов составит

(2.32)



Размеры реакционной зоны плоских электродов можно определить» приравняв площадь эллипса к площади реакционной зоны круглого равновеликого электрода и приняв оси эллипса х и у :

и (2.33,2.34)



(2.35)



где - диаметр распада равновеликого электрода ,определяе­мой no(2.17).



Для получения общей ванны необходимо, чтобы реакционные зо­ны электродов перекрывали друг друга, что обеспечивается при соб­людении условия

(2.36)



Размеры сечения ванны с учетом гарниссажа должны быть следующие:

(2.37)



(2.38)



Остальные параметры ванны *hэл ,ho,H,HB* определяются исхо­дя из диаметра равновеликого круглого электрода *Dэл* и с учетом условий, оговоренных в уравнениях (21-28).

Общая высота печи () определяется с учетом толщины футе­ровки подины



(2.39)



где толщина подины.



Особенностью этой части футеровки является большая толщина (до 2 м и более) и хорошая тепловая изоляция. Большое тепловое сопротивление способствует снижению тепловых потерь и созданию не-обходимой высокой температуры в рабочем пространстве ванны, а значительная масса футеровки, обладающая большой теплотой инерцией, способствует сохранению устойчивой температуры в «тигле» при возможных кратковременные простоях.

На рис.9 приведено рациональное выполнение футеровки, отлич­ной от распространенных конструкций, как правило, цилиндрических.

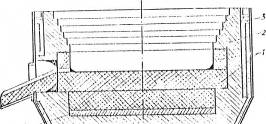


Рис.8-Рациональная футеровка рудовосстановительной печи:

1 -угольные блоки; 2 -кладка из огнеупорных шамотных  
кирпичей; 3 -слой теплоизоляции из легковесного шамота;  *4*-слой кладки из магнезитовых кирпичей 5-засыпка из шамотной крупки; 6-набивная масса

# Список использованных источников

1 Расчеты пиропроцессов и печей цветной металлургии. Под научной редакцией Д.А Диомедовского, Л.М Шалыгина, А.А Галинберк, И.А Южанин. – М.: Металлургия, 1963. – 640 с.

2 Кривандин В.А. Металлургическая теплотехника – 2 том / В.А. Кривандин; профессор, доктор техн. наук. – М.: Металлургия, 1986. – 590 с.

3 Басов, Ельцев Справочник механика заводов цветной металлургии.

4 Басов А.И. Механическое оборудование обогатительных фабрик и заводов тяжелых цветных металлов. – М.: Металлургия, 1987. – 578 с.