**Министерство образования**

**Российской Федерации**

**Липецкий Государственный технический университет**

**Кафедра металлургии**

**Домашнее задание**

**по предмету «Электрометаллургия»**

**Расчет основных размеров восстановительной и рафинировочной печей**

**выПОЛНИЛ: вАЛУЙСКИХ е. в.**

**ЧМ – 98 - 2**

**ПРИНЯЛ: ВЕЧЕР в. н.**

**Липецк-2002**

**ЗАДАНИЕ**

Определить основные размеры восстановительной печи для выплавки 45% FeSi для суточной производительности.

Производительность печи в сутки = 50 т.

Определить основные параметры рафинировочной печи для выплавки низкоуглеродистого FeCr для суточной производительности.

Производительность печи в сутки = 10 т.

**СОДЕРЖАНИЕ**

Введение

1. Определение основных параметров восстановительных электропечей

1.1 Определение мощности трансформатора и электрических параметров восстановительной печи

1.2 Определение геометрических размеров восстановительной печи

2. Определение основных параметров рафинировочных электропечей

2.1 Определение электрических параметров рафинировочной печи

2.2 Определение геометрических параметров рафинировочной печи

Библиографический список.

**ВВЕДЕНИЕ**

В ниже проведенной работе мы производим расчет основных размеров и параметров ферросплавных печей, в которых мы получаем различные ферросплавы. Ферросплавы — это сплавы железа с кремнием, марганцем, хромом, вольфрамом и другими элементами, применяемые при производстве стали для улучшения ее свойств и легирования. Вводить в сталь нужный элемент не в виде чистого металла, а в виде его сплава с железом удобнее вследствие более низкой температуры его плавления и выгоднее, так как стоимость ведущего элемента в сплаве с железом ниже по сравнению со стоимостью технически чистого металла.

Исходным сырьем для получения ферросплавов служат руды или концентраты. Для производства основных сплавов - ферросилиция, ферромарганца и феррохрома - используют руды, так как в них высоко содержание окислов элемента, подлежащего восстановлению. При производстве ферровольфрама, ферромолибдена, феррованадия, ферротитана и других сплавов руду вследствие малой концентрации в ней полезного элемента обогащают, получая концентрат с достаточно высоким содержанием окислов основного элемента.

Ферросплавы получают восстановлением окислов соответствующих металлов. Для получения любого сплава необходимо выбрать подходящий восстановитель и создать условия, обеспечивающие высокое извлечение ценного (ведущего) элемента из перерабатываемого сырья. Пользуясь законами термодинамики, можно определить химическое сродство элементов к кислороду. По возрастанию этого сродства элементы распределяются в следующий ряд: Ni, Fе, Мn, V, Сг, Si, Ti, Al, Mg, Ca. Каждый нижестоящий элемент может служить восстановителем для вышестоящего. Особое место занимает углерод, который может восстанавливать эти элементы лишь при превышении температуры выше определенных значений, возрастающих по мере увеличения химического сродства к кислороду каждого элемента, например, расчеты показывают, что для марганца эта температура составляет около 1150°С, для кремния 1450 °С и для алюминия 1900 оС.

Восстановительные процессы облегчаются, если они проходят в присутствии железа или его окислов. Растворяя восстановленный элемент или образуя с ним химическое соединение, железо уменьшает его активность, выводит его из зоны реакции, препятствует обратной реакции- окислению. В ряде случаев температура плавления сплава с железом ниже температуры плавления восстанавливаемого элемента, следовательно, реакция может протекать при более низкой температуре.

В зависимости от вида применяемого восстановителя различают три основных способа получения ферросплавов: углевосстановительный, силикотермический и алюминотермический. Наиболее дешевым является углерод, поэтому его используют при производстве углеродистых ферромарганца и феррохрома, а также всех сплавов с кремнием (кремний препятствует переходу углерода в сплав). Реакции восстановления металлов и их окислов углеродом эндотермичные, поэтому углевосстановительный процесс требует подвода тепла. Полнота извлечения ведущего элемента зависит от температуры и давления, при которых ведут процесс, от состава шлака и сплава.

Силикотермическим и алюминотермическим способами получают ферросплавы с пониженным или очень низким содержанием углерода: среднеуглеродистые и малоуглеродистые ферромарганец и, безуглеродистый феррохром, металлические хром и марганец, ферросплавы и лигатуры с титаном, ванадием, вольфрамом, молибденом, цирконием, бором и другими металлами. Когда выделяющегося при экзотермических реакциях тепла достаточно для получения металла и шлака в жидком виде, плавку проводят в обособленных очагах - футерованных шахтах. При нехватке тепла плавку проводят в дуговых печах сталеплавильного типа.

Теперь проведем краткое описание самих ферросплавных печей.

Восстановительные ферросплавные печи работают непрерывно. В работающей печи электроды погружены в твердую шихту, которую пополняют по мере ее проплавления; сплав и шлак выпускают периодически. Печи этого типа оснащены мощными трансформаторами (7,5—65 MB . A). Печи трехфазные, стационарные или вращающиеся ранее изготовляли открытыми, а новые печи закрыты сводами.

Дуговые руднотермические печи предназначены для производства различных ферросплавов, кристаллического кремния, технического хрома и марганца, карбида кальция, а также для получения титанистых, марганцевых и синтетических шлаков. Подводимая к печи мощность выделяется в дуговом разряде, в шихте и расплаве. При этом распределение мощности определяется типом печи и свойствами шихтовых материалов, шлака и металла. В печах, выплавляющих, например, высококремнистые ферросплавы, в большей степени выражен дуговой режим, а при выплавке углеродистого ферромарганца - режим сопротивления. В работающей печи ток протекает как по электродам через дуговой разряд по схеме "звезда", так и через шихту по схеме "треугольник" и "звезда". Поэтому для трехфазной печи необходимо рассматривать совмещение вертикального и горизонтального электрических полей, т. е. трехмерное поле.

В процессе плавки электрическая энергия превращается в тепловую. За счет тепла, выделяемого в дуговом разряде и в шихте, а также за счет тепла экзотермических реакций (и физического тепла шихтовых материалов) совершаются физико-химические процессы плавки. С уровня колошника в зону высоких температур (при выплавке ферросилиция и ферромарганца температура дуги достигает 6000-7000°К) постепенно опускаются все новые и новые порции шихты, а снизу вверх направлен поток газов и паров перерабатываемых материалов. Таким образом, в действующей дуговой печи при выплавке ферросплавов получают развитие сложные электрические, тепловые и металлургические процессы. В табл. 1 приведен размерный ряд производства рафинировочных и восстановительных электропечей для производства ферросплавов. Рафинировочные печи обычно работают периодическим процессом, а восстановительные - непрерывным с периодическимвыпуском продуктов плавки (металла и шлака).

**Таблица 1 Размерный ряд рафинировочных и восстановительных электропечей для производства ферросплавов.**

| Тип печи | Номинальная мощность, мВА | Ванна | Механизм  наклона | Механизм  вращения | Выплавляемый сплав |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| РАФИНИРОВОЧНЫЕ ЭЛЕКТРОПЕЧИ | | | | | |
| РКО-2,5 | 2,5 | откр. | есть | есть | без малоугле  род. Феррохром, ферро марганец |
| РКО-3,5 | 3.5 | откр. | есть | есть |
| ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРОПЕЧИ | | | | | |
| РКО-10,5 | 10,5 | откр. | нет | есть | Fe-Si, Fe-Mn |
| РКЗ-10,5  (базовая) | 10.5 | закр. | нет | есть | Fe-Cr, Si-Mn |
| РКО-16,5 | 16,5 | откр. | есть | есть | Si-Cr, Si-Ca |
| РКЗ-16,5 | 16,5 | закр. | нет | есть | то же |
| РКЗ-24 | 24,0 | закр. | нет | есть | Fe-Si, Fe-Мn Fe-Cr |
| РКЗ-33  (базовая) | 33,0 | закр. | нет | есть | Si-Mn, Si-Сг |
| РПЗ-48  (базовая) | 48,0 | закр. | нет | нет | Fe-Si, fe-Mn |
| РПЗ-72 | 72,0 | закр. | нет | нет | Si-Мn |

Примечание: первая буква (Р) означаетпринцип нагрева - руднотермический (дуговой, смешанный);вторая буква-форма ванны: К-круглая, П-прямоугольная; третья буква: О-открытая, 3-закрытая;

Цифра после обозначения печи соответствует мощности в мВА.

**1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОПЕЧЕЙ**

восстановительная рафинировочная электропечь ферросплав

Основными элементами восстановительной электропечи непрерывного действия являются: ванна,футеровка, кожух**,** электроды, электродержатели, печной трансформатор, короткая сеть, устройство для перепуска электродов, свод, механизм вращения ванны и др. В печах, работающих бесшлаковым процессом, ~70% активной мощности выделяется в ванне, поэтому и расчет следует начинать с определения геометрических и электрических параметров ванны. Отправным моментом расчета является производительность печи при выплавке данного сплава. В качестве примера произведем расчет печи с производительностью 130 тонн 45%-го ферросилиция (ФС 45) в сутки.

1.1 Определение мощности трансформатора и электрических параметров восстановительной печи

Мощность трансформатора печной установки определяется по формуле

 (1)

где G-суточная производительность, т/сутки; А-удельный расход электроэнергии, кВт. ч/т; для ФС 45 А=4800 кВт.ч/т;

-коэффициент загрузки трансформатора за время фактической работы, равный 0,95-0,98 для печей, работающих непрерывным процессом. Принимаем= 0,98;

-коэффициент использования рабочего времени, равный 0,97-0,98, Если принять 10 суток на планово-предупредительные ремонты, то =(365-10):365=0,972;

k3 -коэффициент, учитывающий условия, осложняющие работу печи (например, падение напряжения в сети). Обычно k3=0,98.

Коэффициент мощности  действующих восстановительных печей колеблется в пределах 0,82-0,92. Учитывая показатели работы мощных печей при выплавке ФС 45, принимаем ориентировочно  = 0,88, Тогда при  0.94



Принимаем ближайшую большую мощность печи (см. табл.1), т.е. 16,5МВА. При этом фактическая, производительность составит 69,3 т. в сутки. С целью получения симметричной нагрузки фаз предусматриваем питание печи РКЗ-16,5.

1 .Определим активную мощность установки

кВт (2)

кВт

2. Полезная мощность кВт (3)

Электрический кпд  действующих печей находится в пределах 0,85-0,95. При выплавке ферросилиция = 0,90. Тогда  кВт.

Полезное фазное напряжение

3. Важной характеристикой работы печи является полезное фазное напряжение  Под полезным фазным напряжением понимают напряжение между частью электрода, находящего в шихте, и металлом. При этом фазное напряжение на выводах печного трансформатора  равносуммеи падения напряжения в свободной части электрода, контактах и короткой сети 

т.е. 

Полное фазное напряжение

 (4)

где с, и п – постоянные (см. Табл.2),

Коэффициент п характеризует распределение мощности в ванне печи в зависимости от вида процесса. Для безшлаковых процессов (например, при выплавке FeSi) с преобладающим объемным распределением энергии, значение n следует принимать равным 0,33 (см. Табл.2), а для многошлаковых процессов с преобладанием распределения мощности по поверхности n=0,25,

Плотность тока на электроде принимают в зависимости от вида сплава и диаметра электрода (см. Табл. 4).

## Таблица 2 Значения с' при разных сплавах и коэффициентах п .

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Сплав | <13500 кВа | | > 13500кВа | |
| n=0,25 | n=0,33 | n=0,25 | n=0,33 |
| Ферросилиций (45% Si) | - | 3,2 | - | 3,3 |
| Ферросилиций (75% Si) | - | 3,4 | - | 3.4 |
| Ферромарганец углерод | 5,3 | . | 5,4 | - |
| Силикомарганец | 5,7 | - | 6,0 | - |
| Силикохром (50% Si) | 6,8 | - | 7,0 | - |
| Феррохром передельный | 7,6 | - | 7.9 | - |
| Силикокальций | 5,7 | . | 6.0 | - |
| Рафинированный феррохром | 17 | - | - | - |

Таким образом, зная величину,определяем

0,33=75,87 (В)

Ток электрода:

 (5)

 кА

4. Ранее были приняты ориентировочные значения cos и . Для определения указанных величин необходимо знать активное сопротивление ванны, реактивное сопротивление (Xк ) и активное сопротивление короткой сети (Rк. )

Активное сопротивление ванны:

 (6)

 Ом.

Принимаем следующие значения

Хкс и Rкс:

Ом;

Ом.

Электрический коэффициент полезного действия

 (7)

, это хорошо согласуется с ранее принятым значением 

Коэффициент мощности можно приближенно определить из выражения:

(8)

.

Если не представляется возможность получить заданное (или более высокое) значение cosφ, то с целью повышения этой величины для мощных печей применяют установку продольно-емкостной компенсации (УПК).

5. Линейное напряжение печного трансформатора, соответствующее величине Unф, определяется по формуле:

(9)

 (В).

Учитывая необходимость наличия пониженного при разогреве печи в пусковой период, а также возможность повышения мощности установки, определяем низшее и высшее значения рабочего напряжения из соотношения: .

Низшее напряжение (В).

Высшее напряжение (В).

Промежуточные значения ступеней напряжения между Uв;Uн„ отличаются на 5-6 вольт.

**1.2 Определение геометрических размеров восстановительной печи**

Для определения геометрических размеров ванны необходимо знать размер диаметра электродов.

1. Диаметр самоспекающегося электрода определяется исходя из его теплового баланса. Между током и диаметром электрода (в метрах) установлена степенная зависимость вида:  (10)

Величины с1 и т (см. Табл. 3), учитывающие вид сплава и условия теплообмена электродов, получены на основании анализа работы промышленных печей, имеющих лучшие технико-экономические показатели. Одну из таких печей принимают за "образцовую".

Таблица 3 **Значение коэффициентов с1 и т**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Тип сплава | c1 | m |
| Снликомарганец | 51,5 | 1,52 |
| Ферромарганец | 52,8 | 1,70 |
| Феррохром | 46,0 | 1,70 |
| Ферросилиций | 38,6 | 1,88 |

Тогда для ферросилиция

 или 

Откуда dэ принимаем равным в соответствие с принятым рядом 1200 мм.

В России принят следующий ряд самоспекающихся электродов (мм): 750, 850,1000, 1200, 1400, 1700 и 2000. Ведется разработка электродов диаметром 2400 мм,

**Таблица 4** Допустимые значения плотности тока в самоспекающемся электроде

|  |  |
| --- | --- |
| Производимый продукт | j, А/см 2 |
| Ферросилиций 45%-ный | до 7,0 |
| Ферросилиций 75%-ный | 7,0 |
| Силикохром 50%-иый | 7,0 |
| Силикомарганец | 6.2 |
| Ферромарганец | 7,6 |
| Электрокорунд | 4,0 |
| Карбид кальция | 6,8 |
| Силикокальций | 12,0 |

Проверяется плотность тока электрода:

 А/см2,

что меньше допустимой величины (см. Табл. 4).

2. Размеры ванны определяются исходя из геометрического подобия проектируемой и "образцовой" печи. В качестве определяющего параметра принимается размер диаметра электрода. Геометрическое подобие обоих печей будет соблюдено при равенстве относительных значений

; ; ; (11)

(см. рис. 1) и одинаковой величины критерия подобия

. (12)

Формула выражает связь диаметра электрода с электрическими параметрами (Jф и Unф) и физической характеристикой шихты в виде усредненного удельного сопротивления фазы печи р.

Усредненное удельное сопротивление фазы р зависит от гранулометрического состава шихты, температуры в различных ее слоях и других факторов. Таким образом, величина р действительно отражает электрические свойства шихтовых материалов, а поэтому с достаточной точностью можно считать, что при одинаковой шихте р "образцовой" печи будет равно р проектируемой печи.

В качестве "образцовой" печи примем печь с Wmp= 21000 кВА и следующими характеристиками:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| сosφ= 0,84 | UА=186,6 В | Dрэ=3445 мм |
| ηЭ=0,91 | JЭ=60830 А | Dв=6750 мм |
| Unф=83,2 В | dЭ=1300 мм | Нв=2450 мм |

Если вычертить ванну "образцовой" печи в определенном масштабе (рис. 1) и определить для нее значения

, ,

то при dЭ =1400 мм можно определить значения в, f, L проектируемой печи

мм,

мм,

мм.

3. Диаметр ванны на уровне угольных блоков определяется по формуле:

, (13)

 мм.

Диаметр ванны выше угольных блоков можно определить из соотношения:

 мм. Внутренний диаметр кожуха .

Толщина футеровки стен () выбирается по тепловому расчету с обеспечением на кожухе температуры не выше 1500 С. Эти условия реализуются при = 750 мм. Тогда мм.

4. При определений диаметра распада электродов необходимо:

а) обеспечить равномерный прогрев материалов избежать возможности быстрого разгара футеровки;

б) предусмотреть не9бходимое расстояние между токонесущими элементами конструкций разных фаз печи. Диаметр распада электродов

; (14)

 мм.

Авторы работы рекомендуют определять Dрэ из соотношения:

. (15)

В данном расчете получено: .

Для печи с вращающейся ванной мм.

Уменьшение  для печи с вращающейся ванной объясняется тем, что при вращении ванны уменьшается объем и изменяется форма подэлектродной полости, уменьшается слой вязкого и высокоэлектропроводного вещества вокруг газовой полости, интенсивнее разрушается карбид кремния и обеспечивается более глубокая и устойчивая посадка электродов в шихту.

5. Определение высоты шахты и глубины погружения электрода в шихту.

Высота шахты L определяется условиями фильтрации и конденсации печных газов в слое шихты и конструктивными соображениями

L=l+H+h

где l-расстояние от торца электрода до подины (рис.1): Н - глубина погружения электродов в шихту; h- расстояние от поверхности колошника до верхнего края ванны: Величины l и h для ряда печей и процессов изменяются в следующих пределах: l=600-900 мм и h=100-200 мм.

Глубина погружения электродов в шихту (Н) оказывает существенное влияние на работу печи. От нее зависит скорость схода шихты, фильтрация печных газов (содержащих пары восстановленного окисла и пыль), а также механическое давление столба шихты на поверхность подэлектродного пространства. Для нормальной работы печи все эти факторы должны быть увязаны с электрическими параметрами установки ( и др.).

Оценочные подсчеты фильтрации позволили получить зависимость между величиной Н, линейной скоростью схода шихты (Vсх) и коэффициентом В, зависящим от запыленности газа и характера процесса.



Для печей с Wmp =20 мВА при бесшлаковом процессе В=160/Н и

м/мин

Тогда минимальное значение

 и Н=0,93 м.

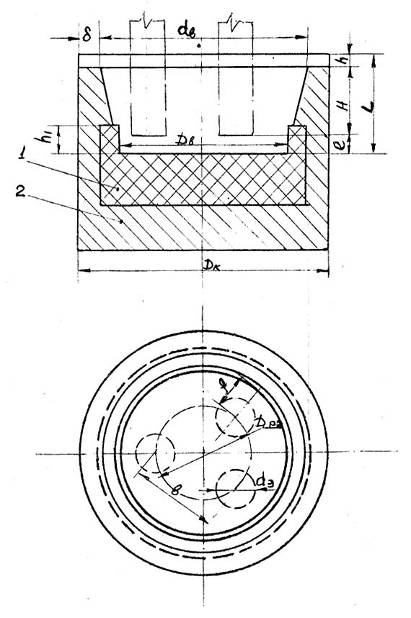


Рис.1 Расчетный эскиз ванны круглой рудовостановительной печи: 1-угольные блоки, 2- огнеупорная кладка

Однако из опыта работы действующих печей глубина погружения электродов в шихту при выплавке ФС45 не менее 1200 мм, а в случае ФС75 Н≥ 1300 мм. Полагая, что в проектируемой печи будет выплавляться не только ФС45, но и ФС75, следует иметь Н ≥1300 мм.

Из выражения Н=L -1 - h. Принимая l= 600мм и h= 100 мм, получим Н =2260 - 600 -100 =1560мм.

Исследования, проведенные профессором И.Т. Жердевым с сотрудниками, показывают, что на развитие физико-химических процессов в ванне ферросплавной печи и технико-экономические показатели производства оказывают существенное влияние форма и размер газовой полости, характер распределения тока и расположения активной зоны электроводов по отношению к угольной футеровке стен печи. В этой связи важно иметь вполне определенную высоту угольной обстановки h1. (Рис.1).

Согласно мм.

Толщина подины на мощных печах составляет около 2 м. Под изготовляется из следующих материалов (см. рис. 2): '

1.Асбест30 мм

2. Шамотная крупка80 мм

3. Шамотный кирпич на плашку530 мм

4. Угольные блоки и подовая масса 1360 мм

Итого2000 мм

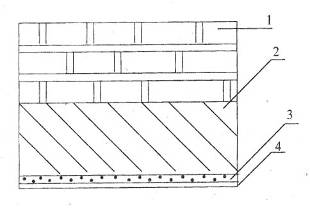


Рис. 2 Схема устройства футеровки пода печи: угольные блоки; 2 – шамотный кирпич; 3- шамотная крупка; 4 – асбест листовой

Таким образом, высота печи мм.

В результате проведенного расчета получены следующие параметры печи РКЗ-33:

Wтр=16500 кВА; Wa=14850 кВт;Wпол=13365 кВт;

Unф=75,87 В;JЭ=58,7 кА; dЭ=1200 мм;

Dв=6060 мм;dв=6030 мм;Dк=7530 мм;

Dрэ=3200 мм;L=2260 мм;Н=1560 мм;LП=3200 мм.

**2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ РАФИНИРОВОЧНЫХ ЭЛЕКТРОПЕЧЕЙ**

В рафинировочных печах осуществляется производство безуглеродистого феррохрома, мало- и среднеуглеродистого ферромарганца и феррохрома, металлического марганца и других сплавов. Отличительной чертой процессов производства является их периодический характер, в печи расплавляется шихта, происходит восстановление окислов металлов другим металлом (например, кремнием) и после необходимых технологических операций сливается металл и шлак. Печи имеют, как правило, магнезитовую футеровку и при выплавке сплавов с низким содержанием углерода работают на графитированных электродах.

Расчет энергетических параметров Печей периодического действия следует вести с учетом обеспечения максимально быстрого плавления шихты в период расплавления.

В качестве примера произведем расчет основных размеров рафинировочной печи с суточной производительностью 10 тонн малоуглеродистого феррохрома.

**2.1 Определение электрических параметров рафинировочной печи**

1. Мощность трансформатора определяется по формуле (1). Для печей, работающих периодическим процессом, можно принять следующие значения коэффициентов

 и : k1=0,92; k2=0,92; k3=0,98; =0,93

При удельном расходе электроэнергии

 кВА.

Принимаем Wmp=2500 кВА. При этом фактическая производительность будет σ = 15 тонн/сутки.

2. Полезная мощность печи



Принимая произведение ; получим

Wпол = кВт.

3. Полезное фазовое напряжение (рабочее)

.

Из таблицы 3 значение коэффициентов с=17 и n=0,25.

Тогда В.

4. Линейное напряжение на выводах трансформатора

 В.

Для рафинировочного процесса производства феррохрома достаточно иметь 5-7 ступеней напряжения, причем в первый период быстрого проплавления шихты напряжение должно быть

В.

Тогда интервал напряжений печного трансформатора будет равен

 или 180-270 В.

5. Линейный ток в электроде (максимальный)

 А.

6. Рабочий ток в электроде

 А.

7. Диаметр графитированного электрода определяем по допустимой плотности тока j = 10 A/см2

Из определения следует, что





откуда

см.

Принимаем электроды диаметром 300 мм.

8. Сопротивление ванны

 Ом.

9. Проверяем значение  и :

 Ом

; { Ом



Тогда произведение  отличается от принятого примерно на 2%, и не требует пересчета.

**2.2 Определение геометрических параметров рафинировочной печи**

При выборе диаметров распада электродов и ванны расчет следует вести по максимальным допустимым мощностям на соответствующую площадь поверхности ванны. Удельные мощности для различных процессов приведены в табл. 5.

1. Диаметр ванны. Принимаем комбинированную форму ванны, состоящую из нижней цилиндрической и верхней конической частей с углом наклона в 45°(см. рис. 3).

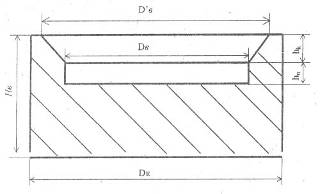


Рис. 3 Форма ванны рафинировочной печи

Мощность приходящаяся на площадь пода,

 кВа/м2 ( табл. 5)

м.

## Таблица 5 Удельные поверхностные мощности, выделяющиеся в ванне печей периодического действия

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Тип процесса | Удельная мощность, кВА/м2 | |
| на площадь распада | на площадь ванны |
| Безуглеродистый феррохром | 4400-4500 | 2000-2400 |
| Рафинированный феррохром | 4400-4500 | 580-620 |
| Рудоизвестковый расплав | 4300-4500 | 2000-2200 |
| Малоуглеродистый ферромарганец | 1350-1750 | 420.450 |
| Электрокорунд | 1400-1500 | 380-400 |
| Металлический марганец | 1350-1750 | 420-450 |

2. Диаметр распада электродов

 м.

Отношение Dрэ:dЭ=900:300= 3, что хорошо согласуется с практикой действующих печей, в которых Dрэ:dЭ = 2,8 - 3,66.

3. Расстояние между осями электродов

мм.

4. Определение глубины ванны. Цилиндрическая часть ванны должна вместить все продукты плавки, т.е. объем ее не должен быть меньше объема металла и шлака.

Из расчета шихты определяется состав колоши, вес и объем продуктов плавки.

Примерный состав колоши

Хромовая руда (50% Cr2O3)

Силикохром (50% Si) 700 кг

Известь (90% CaO) 1800 кг

При работе с проплавлением трех колош указанного состава вес металла и вес шлака  кг,

 кг.

Объем металла

 м3.

Объем шлака

 м3.

Объем продуктов плавки.

vm=vм+vш=0,428+3,12=3,548 м3.

Рм и Рш - плотность металла и шлака; 61,68 кг сплава получено из 100 кг хромовой руды, а в колоше 1600 кг руды.

Высота цилиндрической части ванны

 м.

Объем конической части ванны (vк) определяется из предположения одновременной загрузки двух колош

м3,

где G - вес составляющих колоши;

γр; γсх; γu - насыпной вес руды, силикохрома и извести.

Объем конической части ванны

.

Поскольку угол наклона огнеупорной кладки стен принят равным 45°, диаметр верхней части ванны

.

Если подставить значение  в выражение для vк, то получим hк=0,61 м.

Глубина ванны

hв=hц+hк=0,61+0,64=1,25 м.

5. Диаметр верхней части ванны

 м.

6. Диаметр кожуха

.

Толщину верхней части ванны принимаем из практических данных

мм.

Приняв  мм, Dк= 3800+2 . 200=4200 мм.

7. Высота печи

.

Толщина пода печей, выплавляющих рафинированный феррохром, составляет 1250-1300 мм. Принимая=1250 мм, получим высоту печи Нп=1250+1250=2500 м.

В результате расчета получены следующие параметры печи:

Wmp=2500 кВА;WП=2250 кВт;Uпол=117 В;

UЛ=225 В;Jp=6410 A;dЭ=300 мм;

Dв=2650 мм;Dрэ=900 мм;мм;

hв=1250 мм;Dк=4200 мм;НП=2500 мм.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Д.Я. Поволоцкий, В.А.Кудрин, А.Ф. Вишкарев Внепечная обработка стали Москва «Мисис» 1995.
2. В.И. Явойский Теория процессов производства стали. 2-е издание, дополненное и переработанное Издательство «Металлургия» Москва 1967.
3. МУ. к выполнению контрольных заданий и курсового проекта по курсу «электрометаллургия стали и ферросплавов» для студентов очного и очно-заочного обучения специальности 110100-«Металлургия черных металлов» Составитель Вечер В.Н. Липецк 1999.
4. В.Г. Воскобойников, В.А. Кудрин, А.М. Якушев Общая металлургия Москва «Металлургия» 1985.