

Раздел 2. Производство стали в электропечах
Тема 2.1. Конструкция и расчет основных параметров дуговых
сталеплавильных печей

Лекция №36

Тема: Огнеупорные материалы, применяемые для кладки дуговых печей. Устройство кладки и набивки подины основной электропечи.

План лекции:

1. Огнеупорные материалы, применяемые для кладки дуговых печей.
2. Устройство кладки и набивки подины основной электропечи.

Футеровка печей

Большинство дуговых печей имеет основную футеровку, состоящую из материалов на основе $M\&O$. Футеровка печи создает ванну для металла и играет роль теплоизолирующего слоя, уменьшающего потери тепла. Основные части футеровки — подина печи, стены, свод. Общий вид футеровки 100-т печи показан на рис. 78. Температура в зоне электрических дуг достигает нескольких тысяч градусов. Хотя футеровка электропечи отделена от дуг, она все же должна выдерживать нагрев до температуры 1700°C . 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 плавов. 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 плавов. 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.

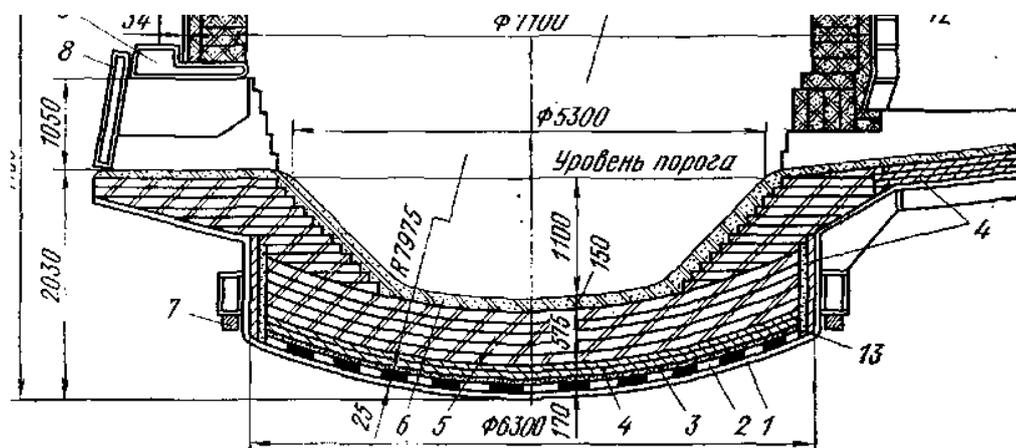


Рис. 78. Схема футеровки 100-т электропечи:

1 — металлический кожух; 2 — листовый асбест; 3 — слой шамотного порошка; 4 — шамотный кирпич; 5 — магнезитовый кирпич; 6 — магнезитовый порошок; 7 — кольцевой рельс; 8 — заслонка; 9 — рама рабочего окна; 10 — уплотняющее кольцо; 11 — песочный затвор; 12 — магнезитохромитовый кирпич; 13 — молотый асбест

Ванна печи круглая, занимает часть объема рабочего пространства, в котором находятся жидкие металл и шлак (рис.8.2). Для обеспечения минимальных тепловых потерь, хороших условий для взаимодействия металла и шлака, а также удобства заправки пода форму ванны выполняют сферо-коническую с углом конической части к горизонту 45° , равным углом естественного откоса заправочного сыпучего материала. Соотношение диаметра и глубины ванны целесообразно поддерживать в пределах 4-5.

В качестве футеровки применяют магнезитовый порошок с добавлением бедной хромистой и железной руды, получая содержание $MgO \leq 70\%$.

Наружное ограждение подины и стен изготавливают в виде сварного кожуха их листового металла толщиной ≤ 40 мм. Между кожухом и огнеупорным слоем помещают слой теплоизоляции, состоящий для пода из листового асбеста (≤ 20 мм) и шамотной кладки (130 мм), для стен - порошкообразного асбеста толщиной ≤ 80 мм. Водоохлаждаемое сводовое

кольцо изготавливают также сварным из листовой стали. Между боковым кожухом печи и сводовым кольцом помещают песочный затвор.

Подина дуговой печи выдерживает, как правило, двухлетнюю кампанию (более 4 000 плавов) до полной замены в очередном капитальном ремонте.

Основная футеровка подины дуговой печисостоит из набивного слоя, слоя кирпичной кладки и теплоизоляционного слоя. При ее создании соблюдается следующая последовательность выполнения операций:

- Днище металлического кожуха печи выкладывают листовым асбестом толщиной 10—20 мм, перекрывая швы между собой.
- Засыпают шамотный порошок для выравнивания поверхности (5-30 мм).
- Стены кожуха изолируют листовым асбестом в один — два ряда. На выровненную поверхность днища укладывают шамотный кирпич в один-два ряда на плашку и на ребро, засыпая швы шамотным порошком и простукивая их деревянным молотком.

На шамот выкладывают магнезитовый кирпич на ребро, на плашку линейными рядами, кладку ведут от центра днища печи к стенкам. Швы параллельных рядов кладки не должны совпадать, поэтому в каждом ряду кирпичи выкладывают под углом 45° к предыдущему ряду. Кладку выполняют «насухо», притирая кирпичи один к другому. Толщина швов не должна превышать соответственно 1 и 2 мм в центре и у стенок (контролируют щупом).

- Перед кладкой подины подбирают кирпичи одинаковых размеров без отбитостей. Каждый ряд кладки пересыпают магнезитовым порошком, простукивая кирпичи деревянными молотками для уплотнения. По окружности кожуха печи оставляют температурный зазор шириной до 65 мм, заполняя его асбестовой ватой. Искажений ширины и вертикальности зазора не допускают.

- Кладку откосов из нормального магнезитового кирпича ведут уступами. На кладке подины намечают окружность определенного диаметра (зависит от емкости печи) и по ней выкладывают окантовочное кольцо из магнезитового кирпича. Пространство между кольцом и подиной выравнивают набивной магнезитовой массой и на образованной площадке выкладывают первый ряд откосов. Последующие ряды кладки откосов ведут с перекрытием швов предыдущего ряда, образуя уступы, обеспечивающие получение заданной ширины будущего верхнего ряда. В температурный зазор откосов утрамбовывают набивную массу, перекрывая его верхним

рядом кирпичной кладки. После выравнивания магнезитовым порошком верха откосов, приступают к кладке стен.

- Во время кладки стен их толщину уменьшают (к своду) и придают стенам небольшой уклон (15—20°).
- Для уменьшения тепловых потерь через стены кладку изолируют от каркаса листовым асбестом, пеношамотным или шамотным кирпичом и другими материалами. Для удобства в работе листовой асбест приклеивают к каркасу печи жидким стеклом.
- Стены основных дуговых печей выкладывают магнезитовым и хромомagneзитовым кирпичом (динасовый кирпич в основной печи под действием известковой пыли быстро ошлаковывается, поэтому такая кладка стен мало распространена). В стенах сверхмощных дуговых печей вместо огнеупорной кладки в верхней зоне используют водоохлаждаемые элементы в соответствии с определенными требованиями (толщина стенки элемента 14-20 мм; расход воды на охлаждение 6-9 м³ на 1 м² площади стенового элемента; исключение контакта элементов со шлаком и металлом; скорость истечения воды в элементах 2-6 м/с; шипы на поверхности должны предотвращать сползание огнеупорной подмазки и гарнисажа). Применение водоохлаждаемых элементов (панелей) приводит к некоторому увеличению расхода электроэнергии на плавку (до 10 кВт·ч/т, или до 2%), снижению расхода огнеупоров на 50% и повышению производительности дуговой печи до 25%
- Достаточно широкое применение получила кладка стен в запасных металлических каркасах. Кирпич в них укладывается плотно на огнеупорных растворах или бетонах соответствующих составов.
- Кладку выпускного отверстия выполняют на растворе или хромобетоне. Для кладки столбиков используют хромомagneзитовый кирпич, а для арочки — периклазошпинелидный. Столбики рабочего окна выполняют из периклазошпинелидного кирпича. На некоторых печах сливное отверстие образовано толстостенной металлической трубой, при этом зазоры в футеровке заделывают огнеупорным бетоном.
- Одновременно с кладкой стен изготавливают футеровку сливного желоба. Металлический кожух желоба выкладывают листовым асбестом, Кладку откоса, примыкающего к сливному отверстию, выполняют из магнезитового кирпича с напуском к желобу и обеспечивают его плотную стыковку с шамотным кирпичом, укладываемым в желоб на шамотном мертеле с толщиной швов <2 мм. Шамотную кладку желоба обмазывают с помощью мастерка массой из хромобетона, затворенного раствором сернокислого магния плотностью 1,2—1,24 г/см³ до консистенции полусухой

массы. Кладку желоба тщательно просушивают газовой горелкой до полного удаления влаги.

Для слива металла из печи в ковш без шлака применяют закрытые желоба чайникового типа и эркерный.

- После завершения кирпичной кладки приступают к изготовлению рабочего набивного слоя подины. Его выполняют: 1) из магнезитового порошка на обезвоженной смоле (89% магнезита, 10% каменноугольной смолы и 1% пека); 2) жидком стекле и 3) всухую. Перед набивкой на смоле кладку подины нагревают до 60-80 °С, а магнезитовый порошок — до 100 °С. Смесь задают в печь и набивают пневматическими трамбовками слоями по 30-40 мм. Этот способ изготовления рабочего слоя подины является весьма трудоемким, так как сопровождается выделением вредных газов.

На большинстве печей набивку рабочего слоя подины осуществляют всухую магнезитовым порошком, содержащим 65-75% зерен размером 0,1-4 мм, 25-35% зерен <0,1 мм и 15% частиц размером <0,06 мм. Перед набивкой кладку подины тщательно очищают, замеряют глубину ванны на уровне порога завалочного окна и дна выпускного отверстия (должна быть не менее 1300 мм).

- Откосы набивают одновременно с подиной, при этом для уменьшения сползания на подину набивную массу увлажняют. Толщина набивного слоя подины должна быть >200 мм при глубине ванны >1100 мм. Плотность набивки проверяют металлическим стержнем 4-5м.

После набивки подину закрывают листовым железом толщиной 3—5 мм. Для предупреждения повреждения подины при завалке расстояние между завалочной корзиной и подиной не должно быть более 0,5 м.

- Для сокращения простоев печей по причине ремонта кладку и набивку футеровки подины дуговых печей выполняют заранее в запасном каркасе, при этом расход котельного железа на изготовление дополнительного кожуха печи окупается экономией, полученной от сокращения продолжительности ремонта.

- Свод дуговой печи имеет повышенный износ по сравнению с другими частями футеровки. В большей степени (в 2-3 раза) изнашивается центральная часть свода, главным образом, вблизи электродов. Существенное повышение стойкости футеровки сводов достигнуто за счет использования в кладке водоохлаждаемых элементов.

Для футеровки сводов наиболее широко применяют магнезито-хромитовый кирпич и значительно реже — динасовый. На ряде зарубежных заводов используют высокоглиноземистый кирпич. Свод набивают на

куполообразном металлическом шаблоне, с определенной стрелой подъема. Величина выпуклости кладки свода зависит от материала футеровки. Отношение высоты выпуклости (стрелы подъема) к диаметру свода составляет для динаса 1:12, для магнезитохромита 1:10. Шаблон имеет углубления для электродных отверстий в кладке и фиксаторы для точной установки каркаса свода. При правильном размещении каркаса на шаблоне и соответствии отверстий в кладке свода расположению электродов, кислородной фурмы и га-зоотсосу на печи получают существенную экономию времени на замену свода с изношенной футеровкой и, кроме того, увеличение срока службы нового свода.

В зависимости от емкости печи, условий службы и особенностей износа огнеупорной футеровки сводов применяют четыре способа кладки: арочную, секторно-арочную, секторную и комбинированную (кольцевая по периферии и секторная в центре). Арочную кладку применяют на печах малой емкости. Наиболее распространенной является секторно-арочная кладка. Ее выполняют фасонным кирпичом. В начале через середину свода, обычно на ширину двух кирпичей, выкладывают массивную арку, к которой под прямым углом подводят другую арку. Секторы между арками заполняют кирпичом в определенной последовательности.

Вопросы для самоконтроля.

1. Расскажите о значении стойкости свода?
2. Чем засыпают швы каждого ряда?
3. Расскажите как на современных печах осуществляется завалка шихты?
4. Перед набивкой, кирпичную кладку пода нагревают до какой температуры?
5. Как и в какой последовательности изготавливают днище электропечи?
6. Какие огнеупорные материалы используются для футеровки подины?
7. Какие огнеупорные материалы используются для футеровки стен?
8. В зависимости от емкости печи, условий службы и особенностей износа огнеупорной футеровки сводов применяют четыре способа кладки, перечислите их...
9. Для футеровки сводов, какие огнеупорные материалы наиболее широко применяют?
10. Какого типа применяют закрытые желоба для слива металла из печи в ковш без шлака?

Использованная литература:

Г.А. Соколов "Производство стали", стр. 288-290