

Раздел 4. Производство стали в конвертерах.

Тема 4.1 Конструкции и расчёт основных параметров кислородных конверторов.

Лекция №62

Тема: Огнеупорные материалы, применяемые для футеровки кислородных конверторов. Футеровка кислородных конверторов

План лекции:

1. Огнеупорные материалы, применяемые для футеровки кислородных конверторов.
2. Футеровка кислородных конверторов

Для кладки соприкасающегося с жидкими металлом и шлаком рабочего слоя футеровки кислородных конверторов применяют следующие виды огнеупорных материалов:

- Безобжиговые с основой из CaO и MgO смоляной и пековой связке (смолодоломит, смоломагнезитодоломит, смоломагнезит).
- Те же огнеупоры, подвергнутые термической обработке.
- Обоженные периклазовые (магнезитовые), доломитовые и магнезитодоломитовые, пропитанные смолой.
- Безобжиговые периклазоуглеродистые (магнезиоуглеродистые), содержащие 12—23 % C (графита).
- Обоженные периклазохромитовые (магнезиохромитовые) и хромитопериклазовые (хромомagneзитовые) изделия.
- На отечественных заводах почти повсеместно для футеровки рабочего слоя конверторов применяют безобжиговые огнеупоры из CaO и MgO на смоляной или пековой связке как без термической обработки, так и подвергнутые дополнительной термической обработке. Наиболее дешевым из них является изготавливаемый на основе недефицитного и недорогого доломита смолодоломит. Прочие из перечисленных огнеупоров более дорогостоящие, в связи с более высоким содержанием MgO, но стойкость футеровки из них несколько выше, чем из смолодоломита.

На зарубежных заводах, помимо подобных смолосвязанных безобжиговых огнеупоров (подвергнутых термической обработке и без нее) (для футеровки рабочего слоя, как и мест повышенного износа, часто используют пропитанные смолой обоженные огнеупоры на основе MgO и CaO и периклазоуглеродистые огнеупоры

обожженные огнеупоры дороже безобжиговых, но обеспечивают повышение стойкости футеровки. Повышение стойкости футеровки по сравнению с безобжиговыми смолосвязанными огнеупорами обеспечивают и периклазоуглеродистые огнеупоры, которые в последние годы начали широко применять. Разворачивается производство периклазоуглеродистых огнеупоров на отечественных заводах. Эти огнеупоры применяют для футеровки днищ конвертеров комбинированной продувки и будут использованы, в частности, для футеровки конвертеров строящегося цеха ММК. В связи с тем, что при нагреве безобжиговых, содержащих пек огнеупоров выделяются вредные (канцерогенные) вещества, намечено производить периклазоуглеродистые огнеупоры с использованием в качестве связки синтетических смол (фенольных, называемых также бакелитом) .

Обожженные периклазохромитовые (ранее некоторые их разновидности называли периклазошпинелидными) или хромитопериклазовые огнеупоры используют на отечественных заводах для футеровки рабочего слоя в некоторых случаях, чаще всего при отсутствии безобжиговых смолосвязанных огнеупоров, поскольку их стойкость ниже, чем стойкость смолосвязанных огнеупоров. Постоянно периклазохромитовым кирпичом футеруют конвертеры Нижнетагильского металлургического комбината (НТМК), в которых перерабатывают ванадиевые чугуны. Причина этого заключается в том, что получаемые при продувке таких чугунов ценные ванадиевые шлаки не должны содержать оксида кальция, который поступал бы в шлак при растворении футеровки, если бы она была выполнена на основе, доломита ($\text{CaO} \cdot \text{MжO}$).

Конвертерные огнеупоры должны отвечать следующим основным требованиям: обладать высокой металлошлакоустойчивостью и термостойкостью; иметь повышенную механическую прочность и сопротивляемость истирающему воздействию расплавов и шихтовых материалов при высоких температурах; обладать сравнительно низким коэффициентом термического расширения; быть недефицитными и иметь сравнительно низкую стоимость.

Постоянно присутствующими и наиболее активными компонентами шлакового расплава по отношению к огнеупорам являются оксиды железа, так как они резко снижают температуру плавления практически всех соединений, входящих в применяемые огнеупорные материалы. Поэтому в состав конвертерных огнеупорных материалов необходимо вводить компоненты, снижающие активность оксидов железа без нарушения свойств огнеупора. Для этих целей наиболее подходящим элементом оказался углерод, входящий в состав смол и пеков коксохимического производства. В практике конвертерных процессов получили наибольшее распространение безобжиговые огнеупорные материалы на смоляной или пековой связке.

Обычно используются каменноугольная смола или пек с антраценовым маслом. Эти материалы в огнеупорах выполняют несколько важнейших функций. Во-первых, связывая зерна огнеупора друг с другом, они позволяют получать формованные изделия с достаточно высокой механической прочностью в холодном состоянии. Во-вторых, образуя водонепроницаемые пленки на поверхности зерен, они предохраняют изделия от быстрой гидратации. В-третьих, при разогреве футеровки они коксуются. Образующийся коксовый сросток связывает зерна огнеупора друг с другом, обеспечивая необходимую прочность при высоких рабочих температурах. В-четвертых, смола и пек являются источниками химически активного углерода. В результате резко увеличивается шлакоустойчивость огнеупоров, главным образом за счет снижения разрушающего действия оксидов железа.

Следует отметить, что применение пека в качестве связки позволяет увеличить стойкость огнеупоров по сравнению со смолосвязанными изделиями на 10.. .13%, устойчивость к гидратации поднимается почти в 1,5 раза.

При контакте со шлаковым расплавом оксиды железа, мигрирующие в огнеупор, взаимодействуют в первую очередь с углеродом связки, что приводит к резкому снижению их активности. Появление газовой фазы в виде СО и сравнительно высокое ее парциальное давление тормозит продвижение в огнеупор по м-икропорам и трещинам всех других шлаковых компонентов.

В процессе эксплуатации в огнеупоре возникает специфическое зональное строение, характеризующееся наличием офлюсованной или рабочей зоны, которая представляет собой огнеупор, пропитанный шлаковым расплавом; обезуглероженного слоя, в котором практически отсутствуют компоненты шлака, и зоны неизменного огнеупора. Все зоны переходят друг в друга постепенно. Износ футеровки происходит непрерывно с образованием постоянно движущейся в глубь огнеупора обезуглероженной зоны. В свою очередь скорость образования обезуглероженной зоны находится в прямой зависимости от таких факторов, как качество огнеупорных изделий, активности оксидов железа в шлаке, температурных условий хода процесса и интенсивности движения контактирующих фаз.

Активность оксидов железа, изменение температуры и интенсивность движения фаз определяются технологией, которая, как правило, является установившейся для конкретных марок стали и способа разливки,

В этих условиях уменьшить износ огнеупоров можно только, повышая их качество, которое должно характеризоваться высокой плотностью изделий, большим коксовым числом применяемой связки и чистотой исходных материалов по содержанию таких вредных примесей, как SiO_2 и R_2O_3 сумма которых не должна превышать 2 ... 3%. В настоящее время для изготовления огнеупорных изделий используют обожженные доломит и периклаз, а также различные их смеси с получением смоло- и пекосвязанных периклазоизвестковых, периклазовых, известково- периклазовых огнеупоров. Указанные материалы определенного фракционного состава смешивают с обезвоженной каменноугольной смолой или пекем, нагретыми до 130, 150° С. Количество последних обычно составляет 5 ... 7%. Из полученной массы прессуются под давлением (≥ 130 ... 150 МПа) фасонные изделия. Недостатком таких безобжиговых огнеупорных материалов является ограниченный срок их хранения, не превышающий в зависимости от состава исходных материалов и качества изготовления 3 ... 7 суток.

Обязательным условием успешной службы всех огнеупоров на смоляной или пековой связке является их обжиг после окончания перефутеровки конвертера. В процессе обжига происходит коксование смолы, увеличивающее прочность огнеупоров при высоких температурах. Обжиг проводят путем сжигания кокса в кислороде, подаваемом через фурму. Расход кислорода должен обеспечивать получение в рабочем пространстве конвертера восстановительной атмосферы. Подъем температуры ведут с различными скоростями, учитывающими изменения прочности огнеупоров при нагреве и разложении смоляной связки. Обычно в течение первых 10... 15 мин в зависимости от типа материала нагрев ведется со скоростью 30 ... 45 град/мин до 300...550° С. Благодаря низкой теплопроводности огнеупоров на смоляной связке удастся быстро нагреть без обрушения и закрепить в процессе коксования сравнительно тонкий слой футеровки, не изменяя температуру и первоначальную прочность глубинных слоев футеровки. Затем скорость нагрева снижается до 5... 7 град/мин. Это позволяет вести процесс коксования без бурного газовыделения при разложении углеводородов смолы, приводящего к разрушению закоксованного слоя. Кроме того, при медленном нагреве происходит разложение сложных углеводородов с выделением и осаждением в огнеупоре дополнительного количества углерода. При достижении температуры 800... 900°С закоксованный слой футеровки достигает значительной величины. Поэтому в конце обжига скорость нагрева повышают до 15... 20 град/мин и доводят температуру до 1100... 1200°С.

Для повышения прочности, термостойкости, плотности, металл и шлак устойчивости и снижения пористости огнеупорных изделий их подвергают после термической обработки дополнительной пропитки смолой или пекем. Изделия помещают в автоклавы, где они вакуумируются до

остаточного давления 0,005... 0,01 МПа и пропитываются смолой при — 250° С в течение 1.5... 2,0 ч.

В результате такой обработки содержание углерода повышается до >7%, открытая пористость снижается до 2...3% при повышении высокотемпературной прочности (при 1500° С) до 7,0 МПа. Такие огнеупоры особенно необходимы для футеровка наиболее изнашиваемых участков.

Футеровка конвертера.

Внутренняя часть корпуса и днища конвертера футерованы огнеупорами кирпичом.

Рабочая футеровка стен и днища конвертера выполняется периклазоуглеродистыми изделиями производства компании DALMOND REFRACTORY MATERIALS LTD.

Периклазоуглеродистые огнеупорные изделия производства компании DALMOND REFRACTORY MATERIALS LTD. изготавливаются на основе высококачественного периклаза и чешуйчатого графита. Все изделия содержат добавку высокоэффективного антиоксиданта.

Огнеупорные изделия для рабочего слоя футеровки конвертера имеют высоту 150 мм и среднюю ширину 100 мм. Максимальная масса кирпича не превышает величины 43 кг.

Футеровка выполнена дифференцированным образом с целью достижения равностойкости всех зон футеровки конвертера и для максимально эффективного использования огнеупоров. Зоны цапф усилены изделиями марки *DT-14A*, сторона загрузки и пространство вокруг летки выкладываются изделиями марки *DT-10A*, горловина - изделиями марки *DT-10C*, ванна и нижний конус - изделиями марки *DT-10*. Все изделия изготавливаются с минимальным допуском по высоте, что позволяет вести кладку «насухо»

Изделия для футеровки днища и нижнего конуса конвертера (ряды 1-20, 360°) изготавливаются на основе высококачественного плавленого периклаза с содержанием MgO не менее 97,5 мас. % и крупночешуйчатого графита зольностью не более 3% и имеют маркировку *DT-10*. Количество и состав комплексной добавки антиоксиданта оптимальным образом подобраны для службы в данной зоне конвертера. Содержание углерода на уровне 9-11 % обеспечивает высокую коррозионно-эрозионную стойкость против действия расплавов металла и шлака.

Для футеровки зоны загрузки (ряды 21-53, сектор 90°), зоны слива (ряды 21-69, сектор 90°) и верхнего конуса (ряды 44-53, 360°) предлагается использовать изделия марки *DT-10A*. Данные изделия изготавливаются на основе высококачественного плавленого периклаза с содержанием MgO не менее 98 мас.% и крупночешуйчатого графита зольностью не более 2 %. Количество и состав комплексной добавки антиоксиданта оптимальным образом подобраны для службы в данной зоне конвертера. Содержание

углерода на уровне 10-12 % обеспечивает высокую коррозионно-эрозионную стойкость против действия расплавов металла и шлака.

Для футеровки цапфенной зоны (ряды 21-43, 2 сектора по 90°) предлагается использовать периклазоуглеродистые изделия марки *DT-14A*. Данные изделия изготавливаются на основе высококачественного плавленного периклаза с содержанием MgO не менее 98 мас.% и крупночешуйчатого графита зольностью не более 2%, дополнительно пропитываются специальным пеком (CARBORES). Для предотвращения окисления углеродной матрицы изделия применяется высокоэффективный антиоксидант комплексного действия.

Для футеровки горловинной части конвертера предлагается использовать изделия марки *DT-10C* (ряды 54-69, сектор 270°; ряды 70-73, 360°). Данные изделия изготавливаются на основе электроплавленного периклаза чистотой не менее 97 %; содержание углерода в изделиях находится на уровне 9-11%.

Изделия для леточного узла изготавливаются на основе высококачественного плавленного периклаза с содержанием MgO не менее 98,5.% и крупночешуйчатого графита зольностью не более 2 %. Использование комплексной добавки антиоксиданта повышенного качества повышает не только стойкость к окислению, но и эрозионно-коррозионные свойства. Маркировка изделий имеет вид *DT-14T*.

Основными особенностями предлагаемого дизайна футеровки, оказывающими дополнительное влияние на увеличение надежности и качество эксплуатации конвертера, являются:

- выполнение футеровки дифференцированным образом с усилением наиболее уязвимых зон футеровки, что обеспечивает принцип равностойкости и, в конечном счете, эффективное использование огнеупоров;

- выполнение футеровки верхнего конуса конвертера с использованием кирпичей специального формата («скошенный» кирпич), что обеспечивает гладкую поверхность футеровки. Данный фактор препятствует интенсивному «заращению» горловины и увеличивает срок её службы;

- изготовление сталеразливочного узла (летки) с переменным сечением – от 160 мм на входе металла до 140 мм на выходе. Такая конструкция летки позволяет сформировать «плотную» и однородную струю металла, что положительно сказывается на его качестве.

В таблице 13 приведены физико-химические свойства предлагаемых формованных огнеупоров.

Таблица 13 – Технические характеристики формованных огнеупоров

Место применения	Сторона загрузки и слива	Днище и нижний конус конвертера (ванна)	Цапфенная сторона	Горловина конвертера	Летка
Марка Изделия	<i>DT-10A</i>	<i>DT-10</i>	<i>DT-14A</i>	<i>DT-10C</i>	<i>DT-14T</i>
Цвет маркировки изделий	Зеленый	Синий / зеленый (форматы В0, В1, В2, В3, В4, В5)	Красный	Желтый	Красный
Физико-химические показатели					
MgO	≥ 79	≥ 78	≥ 76	≥ 78	≥ 77
C	10-12	9-11	14-16	9-11	12-14
Плотность, г/см ³	≥ 2.98	≥ 2.98	≥ 2.95	≥ 2.98	≥ 2.95
Открытая пористость, %	≤ 4.0	≤ 4.0	≤ 4.0	≤ 4.0	≤ 4.0
CCS*, МПа	≥ 35	≥ 35	≥ 35	≥ 35	≥ 35
HMOR**, Мпа	≥ 12	≥ 10	≥ 10	≥ 10	≥ 10

* CCS - прочность при сжатии

** HMOR - прочность на изгиб при температуре 1400°С.

Кладка основной части футеровки выполняется насухо. Нельзя допускать образование швов между кирпичами толщиной более 2 мм. В случае образования швов между кирпичами толщиной более 2 мм, последние просыпаются сухим магнезитовым порошком фракции < 1 мм.

Для компенсации температурного расширения кладки зазор между рабочим и арматурным (контрольным) слоем должен составлять 10-20 мм. В процессе кладки этот зазор плотно заполняется магнезитовым порошком фракции 0-5 мм.

Кладка рабочего слоя стен конвертера. Необходимо обеспечить строгую горизонтальность первого ряда рабочей футеровки, а также параллельность между рядами рабочего слоя и перевязку швов. Ввиду того, что в нижнем конусе конвертера некоторые ряды рабочего слоя состоят из двух слоев кирпича, требуется обеспечить плотность кладки.

Замковые кирпичи не должны располагаться на цапфенной стороне или на загрузочной и сливочной стороне, оптимальное расположение замковых кирпичей – в районе 45 градусов от оси цапфы. Замковые кирпичи двух соседних горизонтальных рядов не должны совпадать.

Ширина замкового кирпича не должна быть меньше 2/3 ширины кирпича нормального размера. Если ширина замкового кирпича меньше 2/3 ширины целого кирпича, то следует применять два замка, между которыми устанавливается целый кирпич. Швы кладки двух соседних рядов должны находиться в перевязку.

Кладка зоны загрузки, пространства вокруг летки и вокруг продувочных блоков в днище конвертера осуществляется с применением периклазоуглеродистого мертеля марки *DALMOR PC-25B*.

Кладка зоны сталевыпускного отверстия. Высота сталевыпускного отверстия должна быть точно измерена. Кирпичи для кладки 51-го-56-го рядов, находящиеся в зоне сталевыпускного отверстия, необходимо обработать в соответствии с фактическими размерами рабочего места, во избежание возникновения более широких швов.

Для кладки днища конвертера в первую очередь необходимо определить уровень и центр днища, в который строго вертикально устанавливается кирпич формата *DT-10-B0*. Кирпичи форматов В1-В5 (пирамидальный клин) выкладываются концентрическими окружностями вокруг изделия В0, от центра днища к периферии согласно чертежу DAMKLD203. Каждый ряд кладки днища должен быть плотно прижат к предыдущему, швы не должны превышать 2 мм. Швы толщиной свыше 1 мм заполняются мертелем *DALMOR PC-25B*.

Ввиду того, что днище конвертера является отъёмным, поэтому при его установке необходимо правильно установить корпус конвертера, установить днище ровно и обеспечить достаточное давление, чтобы днище плотно соединилось с корпусом конвертера. Перед установкой днища необходимо положить на днище все кирпичи, необходимые для кладки рядов S13, S14 и S15 (*DT-10-B4*, *DT-10-B5*) и массу для стыка (*DALRAM PL-81EG*), чтобы после установки днища можно было успешно выполнить кладку этих 3 рядов. После установки днища уплотнение стыка днища с корпусом осуществляется в следующей последовательности:

- нижняя часть стыка (до уровня нижнего края рабочей футеровки днища) забивается слегка увлажненным периклазовым порошком марки *ППФ-1* либо массой *DALREP P-80B*;

- производится кладка ряда S13 изделиями *DT-10-B4*; образующийся между рабочей футеровкой днища и стен зазор плотно забивается набивной массой *DALRAM PL-81EG*;

- аналогичным образом осуществляется кладка рядов S14 и S15.

Компания *DALMOND REFRACTORY MATERIALS LTD.* предлагает широкий ассортимент неформованных огнеупоров. Данные материалы используются для увеличения срока службы футеровки конвертера и повышения эффективности её работы.

Кладка кирпичей вокруг сталевыпускного отверстия производится с применением периклазоуглеродистого мертеля марки *DALMOR PC-25B*. На мертель укладываются кирпичи 48-го – 59-го рядов, находящиеся в зоне 7-10 кирпичей слева и справа от летки. Кроме того, мертель *DALMOR PC-25B* применяется для кладки 71-го – 73-го рядов (горловины), зоны загрузки, пространства вокруг продувочных блоков и для заполнения швов в рабочей футеровке днища, превышающих 1 мм. Сухой мертель и связка упаковываются отдельно; при смешивании количество добавляемой связки составляет около 20%.

Леточная масса марки *DALREP P-80B*. Данная масса применяется для заполнения зазора между гнездовыми блоками сталевыпускного отверстия и катушками летки, между гнездовыми блоками сталевыпускного отверстия и окружающими их кирпичами, для ремонта (торкретирования) канала сталевыпускного отверстия и локальных изношенных зон футеровки в районе летки, а также для набивки на верхнее кольцо футеровки горловины. Для заполнения стыка при замене леточного узла и ремонта канала сталевыпускного отверстия влажность массы составляет 20-30 %, при торкретировании изношенных зон футеровки в районе летки влажность массы составляет 10-15 %, а при набивке на самое верхнее кольцо влажность массы составляет около 4%. Масса поставляется в сухом виде в мешках типа big-bag по 500 или 1000 кг.

Таблица 14 – Физико-механические показатели неформованных материалов

Марка	<i>DALMOR PC-25B</i>	<i>DALREP P-80B</i>	<i>DALRAM PL-81EG</i>	<i>DALGUN MS-80</i>
Применение	Мертель	Леточная масса	Масса для Забивки Стыка	Торкрет-масса
Хим.состав, %				
MgO	≥ 55	≥ 95	≥ 75	≥ 82
SiO ₂	—	≤ 1	—	—
CaO	—	—	≤ 3	≤ 2
C	≥ 25	—	≥ 10	≥ 3
Плотность (110°C×24 ч), г/см ³	—	≥ 2.4	≥ 2.3 (200 °C×24 ч)	≥ 2.1
CCS(1450°C ×3 часа), МПа	—	≥ 30	≥ 20 (1200 °C×3 ч)	—
HMOR (1400°C ×0,5 ч), МПа	—	≥ 5	—	—
Размер зерен, мм	—	0 – 5	0 – 8	0 – 8

Набивная масса для забивки стыка между кирпичами днища и кирпичами нижнего конуса марки *DALRAM PL-81EG*. Применение указанной массы обеспечивает надежность и качественную работу такого уязвимого места, как стык днища и стен. Высота одновременно набиваемого слоя массы не должна превышать 100 мм.

Компания DALMOND гарантирует стойкость рабочей футеровки конвертера, изготовленной из предложенных материалов, не менее 3000 плавов при условии проведения необходимых ремонтных работ в процессе эксплуатации футеровки [55, 56]. Полная спецификация применяемых огнеупорных материалов для достижения стойкости 3000 плавов приведена в таблице 15

Таблица 15 – Спецификация огнеупорных материалов на компанию

Наименование Огнеупора	Формат Изделий	Вес 1 шт., кг	Количество, шт. (+ 3%)	Общий вес, кг (+ 3%)
<i>DT-10</i>	DT-10-A1	13,6	804	10934,4
	DT-10-A2	13,6	532	7235,2
	DT-10-A3	24,9	287	7146,3
	DT-10-A4	24,9	109	2714,1
	DT-10-A5	29,4	222	6526,8
	DT-10-A6	29,4	156	4586,4
	DT-10-A7	31,7	396	12553,2
	DT-10-A8	31,7	357	11316,9
	DT-10-A9	34	77	2618
	DT-10-A10	34	103	3502
	DT-10-A11	36,2	217	7855,4
	DT-10-A12	36,2	336	12163,2
	DT-10-A17	43	883	37969
	DT-10-A18	43	1167	50181
	DT-10-B0	99,7	2	199,4
	DT-10-B1	42	16	672
	DT-10-B2	40,9	82	3353,8
	DT-10-B3	39,5	492	19434
	DT-10-B4	41,2	546	22495,2
	DT-10-B5	32,7	341	11150,7
	Итого		7121	234607
<i>DT-10A</i>	DT-10A-A15	40,8	1297	52917,6
	DT-10A-A16	40,8	1057	43125,6
	DT-10A-A17	43	1016	43688,0
	DT-10A-A18	43	965	41495,0
	DT-10A-A23	32,5	171	5557,5
	DT-10A-A24	32,5	67	2177,5
	DT-10A-A25	36,1	160	5776,0
	DT-10A-A26	36,1	82	2960,2
	DT-10A-A27	40,2	142	5708,4
	DT-10A-A28	40,2	102	4100,4
	DT-10A-A29	32,3	424	13695,2
	DT-10A-A30	32,3	377	12177,1
		Итого		5860
<i>DT-14A</i>	DT-14A-A15	40,5	1587	64273,5
	DT-14A-A16	40,5	1279	51799,5
		Итого		2866
<i>DT-10C</i>	DT-10C-A3	24,9	120	2988,0
	DT-10C-A4	24,9	148	3685,2
	DT-10C-A21	28,9	52	1502,8
	DT-10C-A22	28,9	85	2456,5
	DT-10C-A23	32,5	38	1235,0
	DT-10C-A24	32,5	101	3282,5
	DT-10C-A29	32,3	1268	40956,4
	DT-10C-A30	32,3	1129	36466,7
	Итого		2941	92573,1
<i>DT-14T</i>	DT-14T-TP1	81,7	15	1225,5
	DT-14T-NO1	243,8	15	3657
	DT-14T-NO2	214,6	15	3219
		Итого		45
Итого изделий			18833	684733,1
<i>DALMOR PC-25B</i>				5000
<i>DALRAM PL-8IEG</i>				15000
<i>DALREP P-80B</i>				60000
<i>DALGUN MS-80</i>				60000
Общий итог				824733,1

Вопрос для самоконтроля:

1. Какие огнеупорные материалы применяют для огнеупорной кладки?
2. Расскажите как футеруют кислородный конвертер
3. Какая набивная масса для забивки стыка между кирпичами днища и кирпичами нижнего конусом используется?
4. Как производится кладка днища конвертера
5. Как производится кладка рабочего слоя стен конвертера.

Использованная литература:

Г.А. Соколов "Производство стали" стр. 182-186