

Министерство образования и науки Российской Федерации

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

В.П.Карасев С.В.Рябошук

Конвертерное и мартеновское производство

Методические указания к курсовому проекту

Санкт-Петербург
2015 г

Оглавление

1.ПРОФИЛИ ВНУТРЕННЕЙ ПОЛОСТИ КОНВЕРТЕРА.....	3
2.РАСЧЕТ РАЗМЕРОВ КОНВЕРТЕРА	4
3. УСТРОЙСТВО КОНВЕРТЕРА	8
4.РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ КОНВЕРТЕРА ПРИ ИЗНОСЕ ЕГО ФУТЕРОВКИ	13
4.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ ВНУТРЕННЕЙ ПОЛОСТИ КОНВЕРТЕРА ПРИ ИЗНОСЕ ЕГО ФУТЕРОВКИ.....	13
4.2. ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА ПРОДУВКИ	15
4.3.РАСЧЕТ РАБОЧИХ ВАРИАНТОВ ПРОДУВКИ	17
ЛИТЕРАТУРА.....	18

1. ПРОФИЛИ ВНУТРЕННЕЙ ПОЛОСТИ КОНВЕРТЕРА

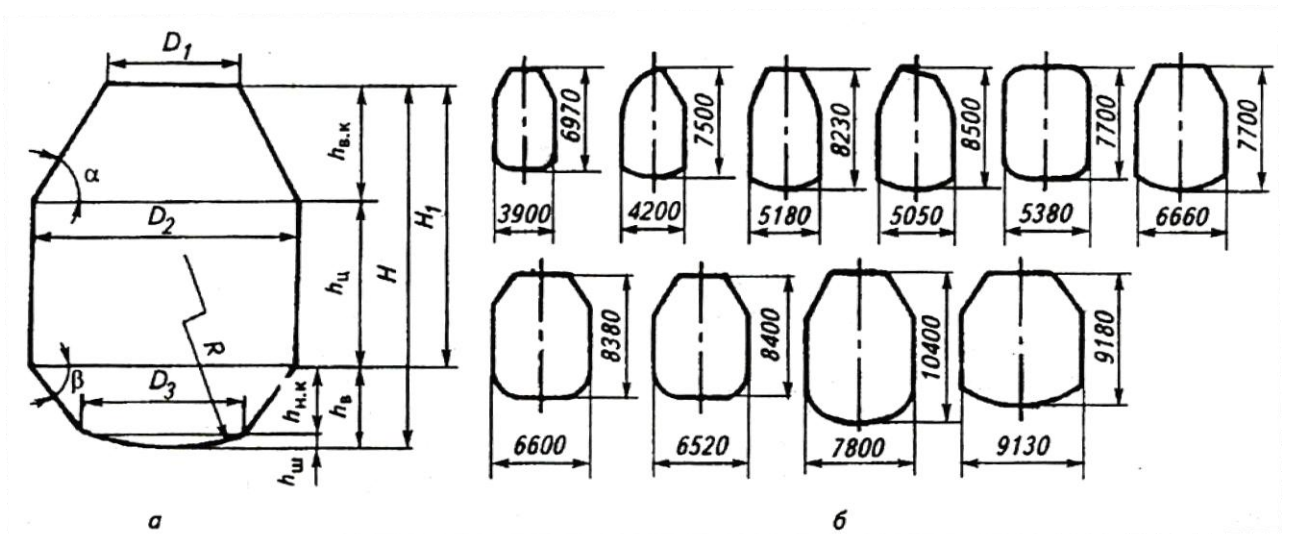


Рис.1. Возможные профили и размеры внутренней полости кислородного конвертера (КК)

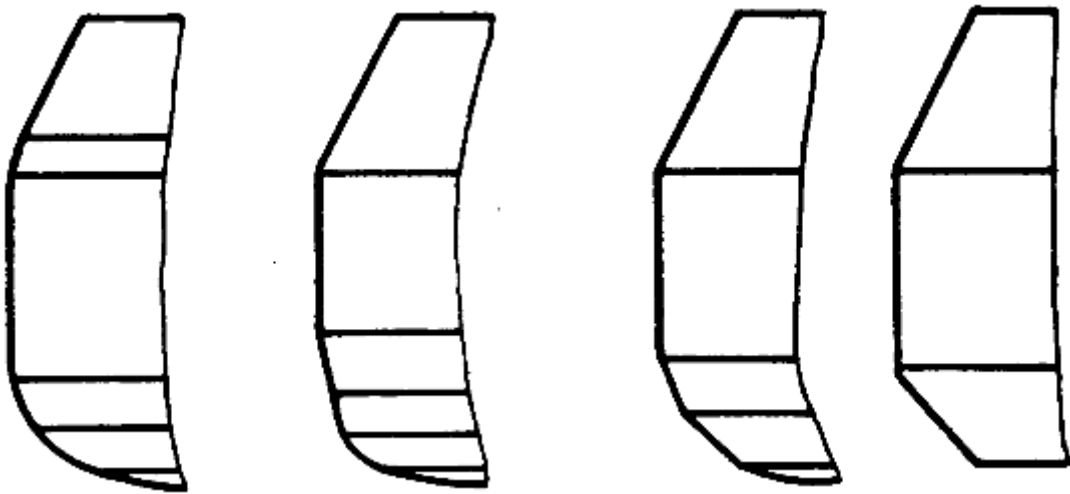


Рис.2. Изменение формы внутренней полости КК в связи с переходом на продувку многосопловой фурмой

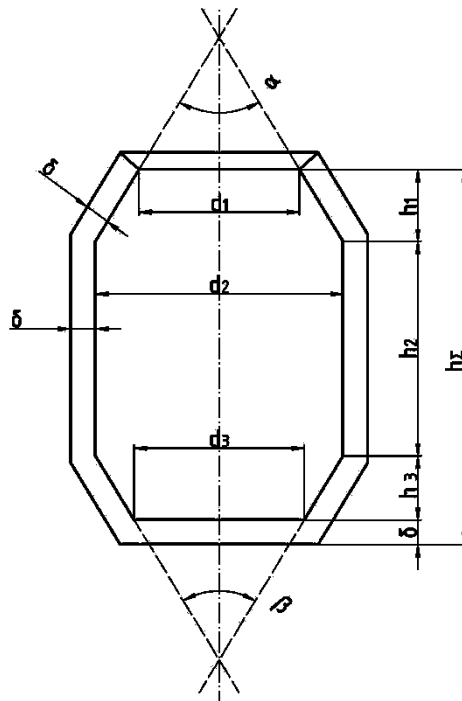


Рис.3. Профиль КК верхнего дутья и обозначение размеров, принятых в данном проекте

2.РАСЧЕТ РАЗМЕРОВ КОНВЕРТЕРА

Исходными данными для расчета служат вместимость конвертера G , т; удельная интенсивность продувки ванны кислородом i , $\text{м}^3/(\text{т} \cdot \text{мин})$; продолжительность цикла плавки τ_{Σ} , мин; удельный расход кислорода V_{O_2} , $\text{м}^3/\text{т}$; содержание кремния $Si(\%)$ и марганца $Mn(\%)$ в чугуне. При $Mn(\%) < 0,5 \%$ в расчетных формулах используется коэффициент $C_{Mn} = 0,06$, при $Mn(\%) \geq 0,5 \%$ коэффициент $C_{Mn} = 0,10$.

Расчет начинается с определения числа сопел в фурме (n). С увеличением вместимости конвертера и удельной интенсивности продувки число сопел в фурме должно возрастать. При расчете n целесообразно учитывать параметры работы такого действующего конвертера, который работает стабильно, без выбросов, с высокой производительностью. Параметры такого конвертера (G_0 , n_0 , i_0) принимаются как базовые, обеспечивающие оптимальное соотношение между поверхностью реакционной зоны и вместимостью конвертера.

С учетом практических соотношений, расчетная формула для числа сопел в фурме приобретает вид:

$$n = n_0 \cdot \left(\frac{i}{i_0}\right)^{1,2} \left(\frac{G}{G_0}\right)^{0,15 + \left(\frac{4G}{10000}\right)}$$

В качестве базового принимается один из отечественных конвертеров верхнего кислородного дутья с параметрами $G_0 = 350\text{т}$, $i_0 = 3,43\text{м}^3/(\text{т} \cdot \text{мин})$, $n_0 = 6$. Значения i и G без индексов – это заданные параметры для данного варианта расчета. Значение n , полученное в расчете, следует округлить до целого числа.

Значение h_3 принимается равным глубине спокойной металлической ванны $h_{\text{в}}$. Для многосопловых фурм глубина ванны зависит от расхода кислорода на одно сопло $(G \cdot i/n)$, скорости и плотности кислорода в выходном сечении сопла. Поскольку скорость и плотность кислорода в условиях производства изменяются мало, то имеем следующую зависимость:

$$h_3 = 0,36 \cdot (G \cdot i/n)^{0,3}, \text{ м.}$$

В период интенсивного обезуглероживания металл в центральной части вспененной конвертерной ванны сечением $S_{\text{ц}}$ перемещается под действием пузырьков оксида углерода вверх, а в периферийной кольцевой зоне сечением $S_{\text{п}}$ - вниз. Конструирование внутренней полости конвертера ведется так, что $S_{\text{ц}} = \pi \cdot d_3^2/4$ и $S_{\text{ц}} = S_{\text{п}}$. Это приводит к соотношению: $\frac{d_2}{d_3} = \sqrt{2}$.

Зная массу (G) и среднюю плотность металла ($\gamma = 6,9 \text{ т/м}^3$) находим объем нижнего усеченного конуса конвертера:

$$V_3 = \frac{G}{\gamma} = \pi \cdot h_3 \cdot \frac{d_2^2 + d_3^2 + d_2 \cdot d_3}{12} = 0,578 \cdot h_3 \cdot d_2^2, \text{ м}^3$$

откуда:

$$d_2 = 0,501 \cdot \left(\frac{G}{h_3}\right)^{0,5}, \text{ м;}$$

$$d_3 = d_2/\sqrt{2}, \text{ м.}$$

Диаметр горловины конвертера d_1 выбирается как большая величина из результатов расчета по формулам, учитывающим условия загрузки лома и скорости выхода из горловины конвертерных газов:

$$d_1 \geq 0,22 \cdot G^{0,5}, \text{ м;}$$

$$d_1 \geq 0,12 \cdot (i \cdot G)^{0,5}, \text{ м.}$$

Угол α находим с учетом конструктивных соображений:

$$\alpha = \pi \cdot \left(\frac{1}{3} - k \cdot G/180\right), \text{ рад;}$$

$$\alpha = 60 - k \cdot G, \text{ град.}$$

Значение $k = 0,05$ для G до 250 т включительно и 0,03 для G более 250 т. Определив угол α , находим h_1 :

$$h_1 = (d_2 - d_1)/[2 \cdot \operatorname{tg}(\alpha/2)], \text{ м.}$$

Высота внутренней полости конвертера над уровнем спокойного металла ($h_1 + h_2$) должна быть такой, чтобы не допустить выбросов. Подъем вспененной ванны при продувке зависит от вместимости конвертера, параметров дутья, состава чугуна и других менее значимых факторов:

$$h_{\text{всп}} = h_1 + h_2 = [i \cdot G / \{1,45 \cdot n \cdot (0,6 + C_{Mn} \cdot Si \cdot G/d_2^2)\}]^{0,43}, \text{ м.}$$

Определив сумму высот $h_1 + h_2$, используем уже известное значение h_1 и находим высоту цилиндрической части конвертера h_2 .

Угол нижнего усеченного конуса β находим:

$$\beta = 2 \cdot \operatorname{arctg}(0,146 \cdot d_2/h_3), \text{ рад.}$$

Статистическая обработка размеров успешно работающих конвертеров дает примерную зависимость общей толщины футеровки цилиндрической части от вместимости конвертера:

$$\delta = 0,142 \cdot G^{0,33}, \text{ м.}$$

Отношение общей высоты h_{Σ} внутренней полости конвертера к диаметру цилиндрической части d_2 следует выдерживать в пределах 1,2 – 1,5, а удельный объем V_{Σ}/G – 0,8 – 1,0 (ГОСТ 20067-74).

$$\begin{aligned} h_{\Sigma}/d_2 &= (h_1 + h_2 + h_3)/d_2, \\ V_{\Sigma} &= V_1 + V_2 + V_3 = \\ &= \pi \cdot h_1 \cdot (d_1^2 + d_2^2 + d_1 \cdot d_2)/12 + \pi \cdot d_2^2 \cdot h_2/4 + \\ &+ \pi \cdot h_3 \cdot (d_2^2 + d_3^2 + d_2 \cdot d_3)/12, \text{ м}^3. \end{aligned}$$

Футеровку конвертера выполняют чаще всего из трех слоев огнеупорных материалов:

- наружного слоя – арматурного, δ_a ;
- промежуточного, $\delta_{\text{п}}$;
- внутреннего – рабочего, $\delta_{\text{р}}$.

Общая толщина футеровки конвертера δ определена выше. Арматурный слой выкладывают из обожженного магнезитового или периклазошпинелидного кирпича. Толщина кладки для конвертеров малой вместимости составляет 65 мм, средней – 115 мм, а для крупных конвертеров толщина арматурного слоя увеличивается до 180 (115 + 65) и 230 мм.

Промежуточный слой набивается из огнеупорной массы толщиной 50-100 мм. Толщина рабочего слоя определяется по разности:

$$\delta_{\text{р}} = \delta - \delta_a - \delta_{\text{п}}, \text{ м.}$$

Материалом рабочего слоя служит безобжиговый магнезитовый или доломитовый кирпич на смоляной связке. В данном варианте расчета устройство футеровки принято одинаковым для всех частей конвертера.

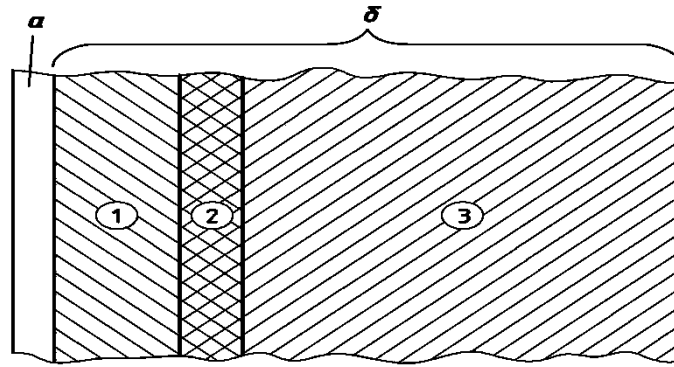


Рис.4. Конструкция цилиндрической части стенок конвертера: а – стальной кожух, б – огнеупорная футеровка. 1 – армирующий слой, 2 – промежуточный слой, 3 – рабочий слой

3. УСТРОЙСТВО КОНВЕРТЕРА

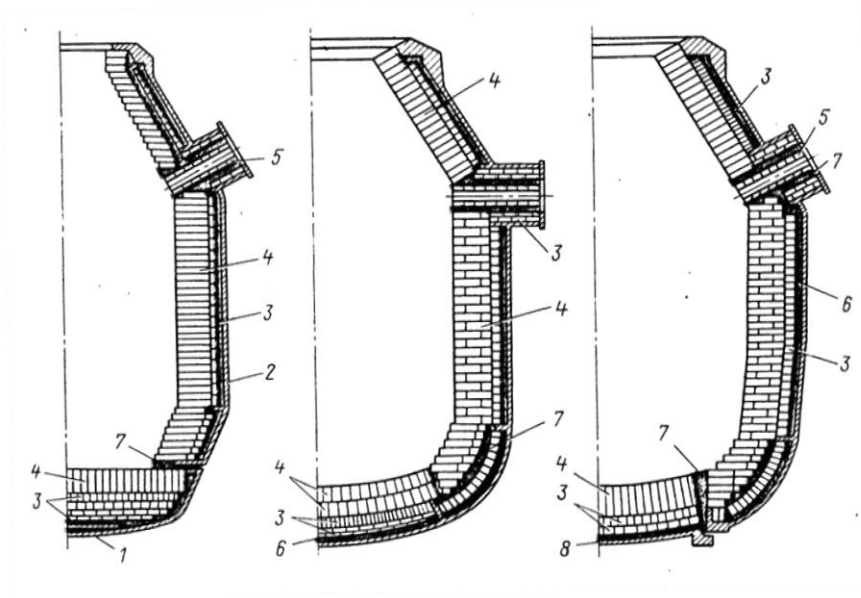


Рис.5. Общий вид внутренней полости конвертера (без защитных козырьков). 1 - разъемное приставное днище; 2 - стальной корпус конвертера; 3 - арматурный слой футеровки; 4 - рабочий слой футеровки; 5 - блоки футеровки выпускного отверстия; 6 - промежуточный слой футеровки; 7 - огнеупорная набивная масса; 8 - разъемное вставное днище

Ниже приведены чертежи отдельных элементов конструкции конвертера.

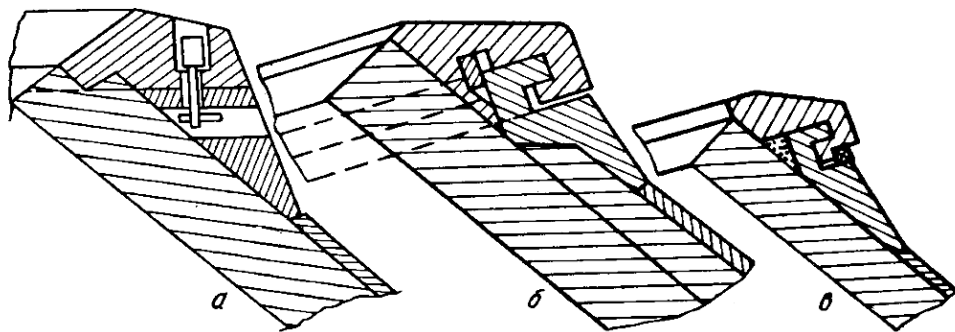


Рис.6. Варианты крепления цельнолитого (а) и составного шлемного кольца (б,в)

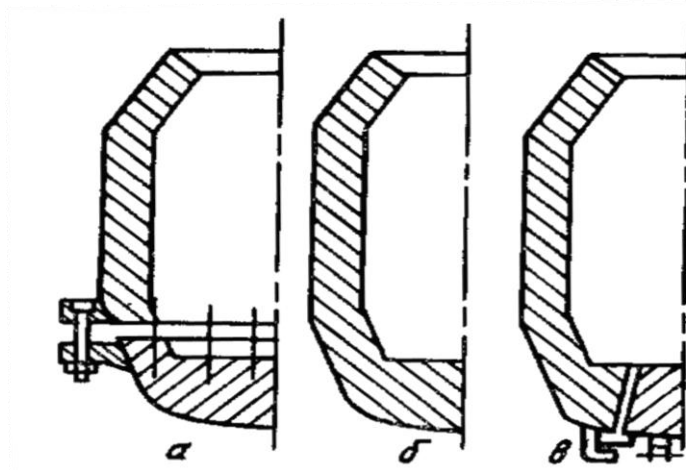


Рис.7. Схема крепления приставного (а), глухого (б) и вставного днища

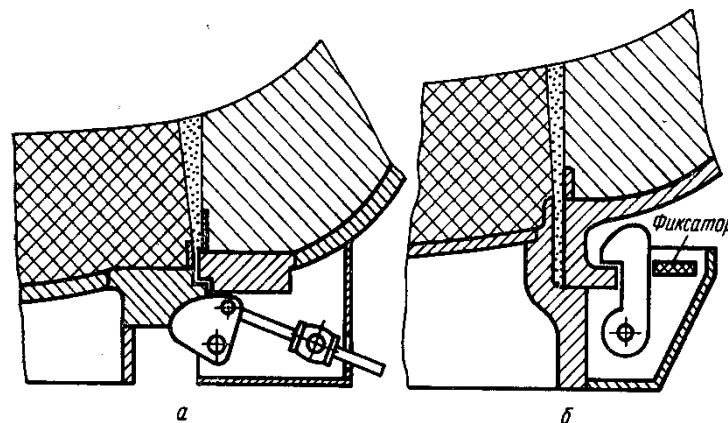


Рис.8. Крепление вставного днища кулачковым фиксатором (а) и с помощью откидных крюков с клиновым фиксатором (б)

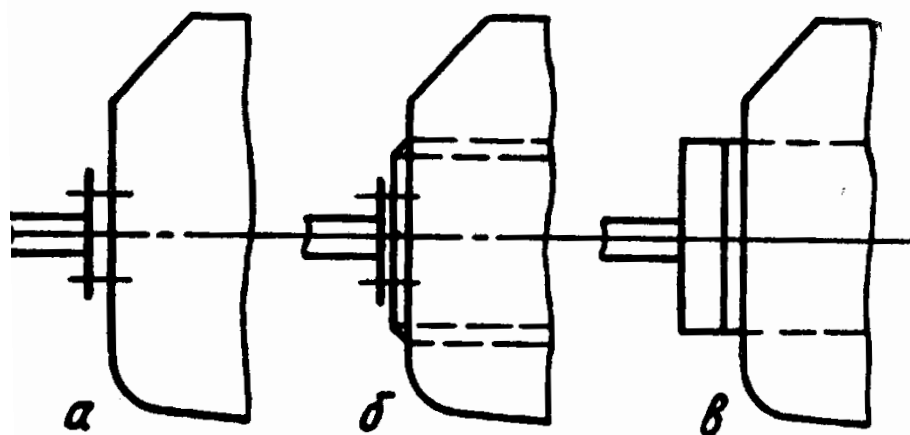


Рис.9. Схемы крепления цапф к корпусу (а), к усиленному корпусу (б) и к опорному кольцу (в)

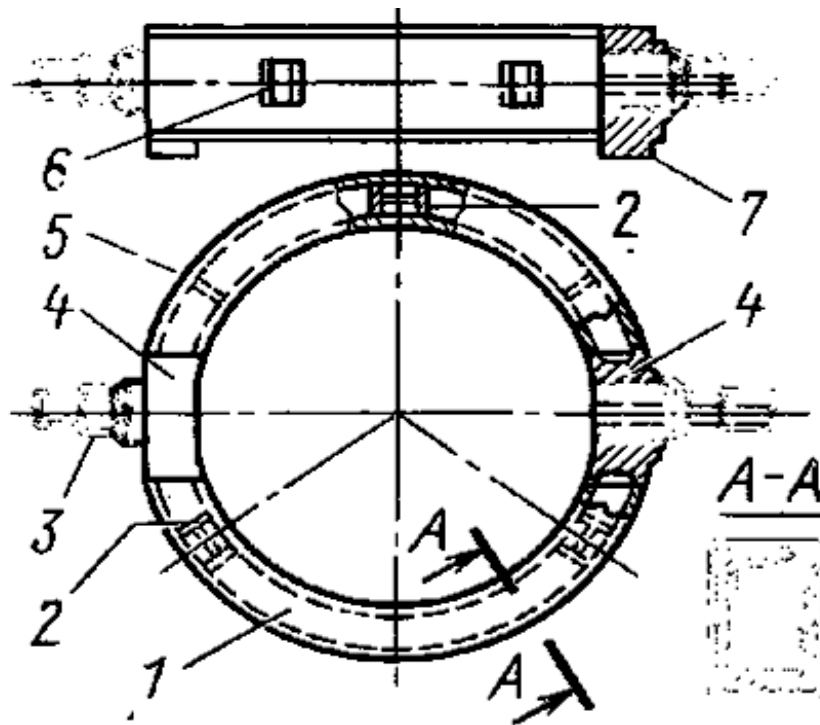


Рис.10. Опорное кольцо конвертера с подвеской корпуса к кольцу на трех тягах. 1 – полукольцо коробчатого сечения; 2 – место крепления тяги; 3 – цапфа; 4 – цапфенная плита; 5 – ребро жесткости; 6 – окно для циркуляции воздуха; 7 – упор

Технические решения отдельных узлов конвертера (Рис.5-15) не являются единственно возможными. Могут быть иные варианты, изложение которых приводится на практических занятиях по проекту. Итогом графической работы будет служить чертеж двух проекций конвертера. В проекциях должны быть показаны съемное кольцо, выпускное отверстие, днище, футеровка, опорное кольцо, опорные узлы, привод поворота, фурма и машина для ее перемещения. Исходной основой чертежа должна служить форма конвертера (Рис.3) с размерами, выполненными при расчете (разд. 2).

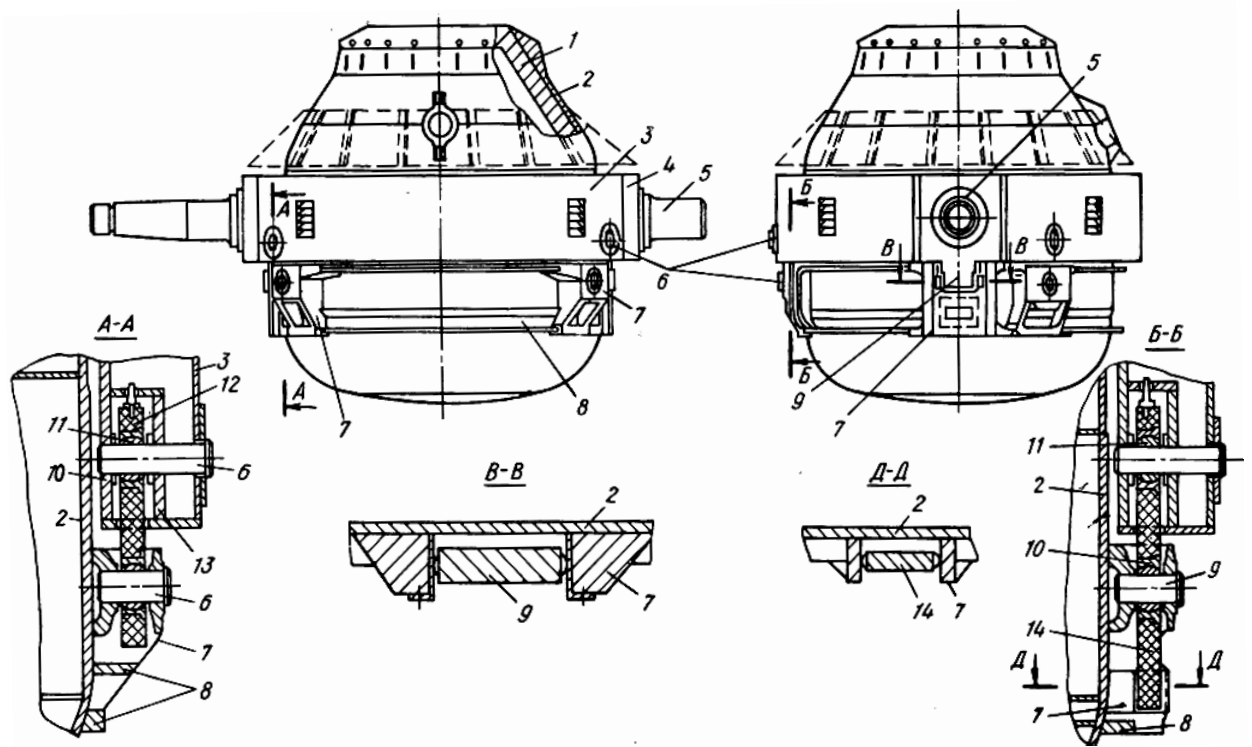


Рис.11. Крепление корпуса в опорном кольце с помощью тяг.

1 – футеровка; 2 – корпус конвертера; 3 – опорное кольцо; 4 – цапфенная плита; 5 – цапфа; 6 – пальцы шарнира; 7 – кронштейны несущего пояса; 8 – несущий пояс; 9 – упор цапфенной плиты; 10 – вкладыш шарнира; 11 – шарнир; 12 – тяга; 13 – ребро жесткости опорного кольца; 14 – фиксированная тяга

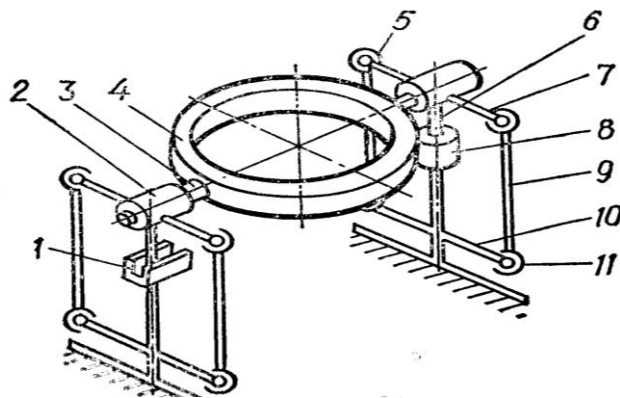


Рис.12. Опорные узлы конвертера.

1 – желоб для плунжера плавающего опорного узла; 2 – блок подшипника; 3 – цапфа; 4 – опорное кольцо; 5, 7 – верхняя сферическая пята опорной колонны; 6 – плунжер; 8 – стакан фиксированного опорного узла; 9 – опорная колонна; 10 – металлическое основание опорного узла; 11 – нижняя сферическая пята опорной колонны

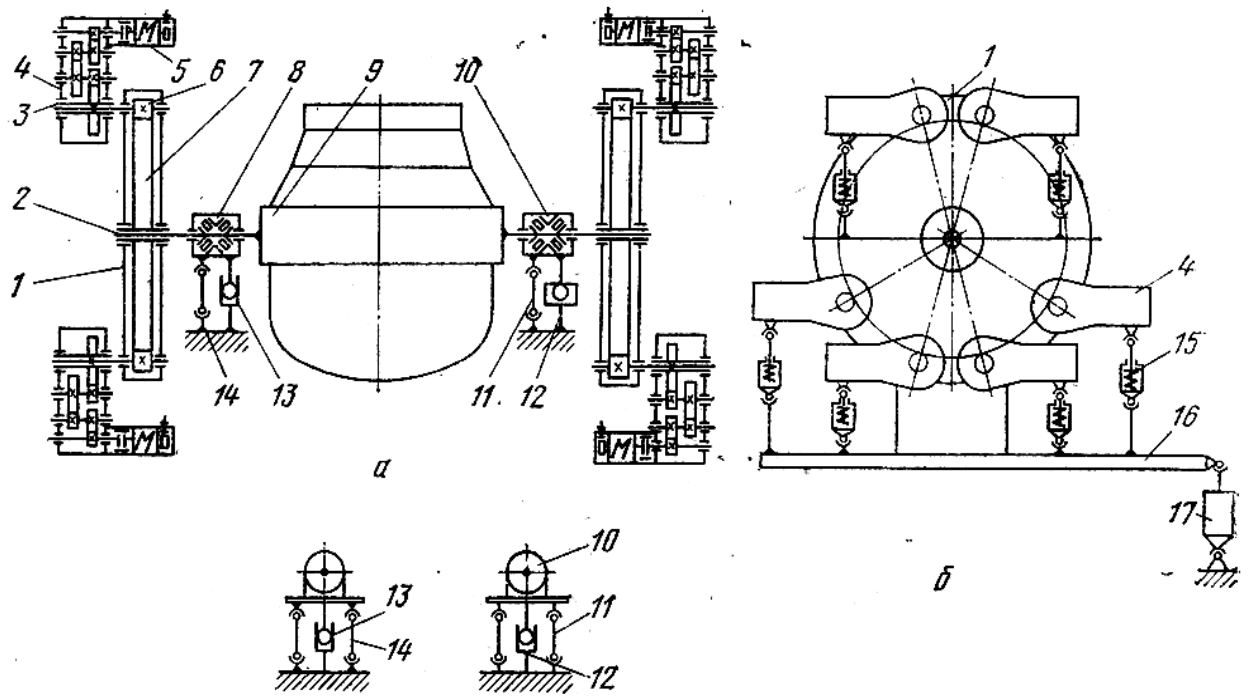


Рис.13. Кинематическая схема двухстороннего навесного механизма поворота КК.

1 – одноступенчатый тихоходный редуктор; 2 – цапфа; 3 – общий вал-шестерня для тихоходного и быстроходного редукторов; 4 – быстроходный редуктор; 5 – электродвигатель со встроенным тормозом; 6 - ведущая шестерня; 7 – ведомая шестерня; 8 – опорный узел фиксированный; 9 – опорное кольцо; 10 – опорный узел плавающий; 11, 12, 13, 14 – элементы опорных узлов; 15 – демпфер быстроходного редуктора; 16 – качающаяся рама; 17 – демпфер привода

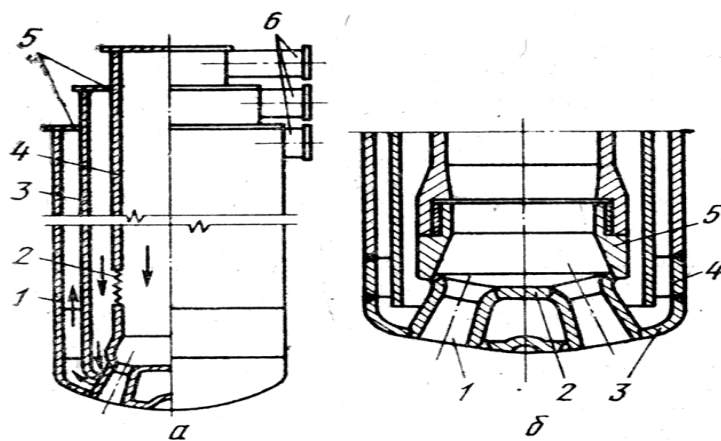


Рис.14. Кислородная фурма с центральным подводом кислорода.
а – общее устройство фурмы; б – конструкция сварной головки.

1 – наружная труба; 3 – сильфон-компенсатор; 3 – промежуточная труба; 4 – внутренняя труба; 5 – сальниковые уплотнения; 6 – патрубки

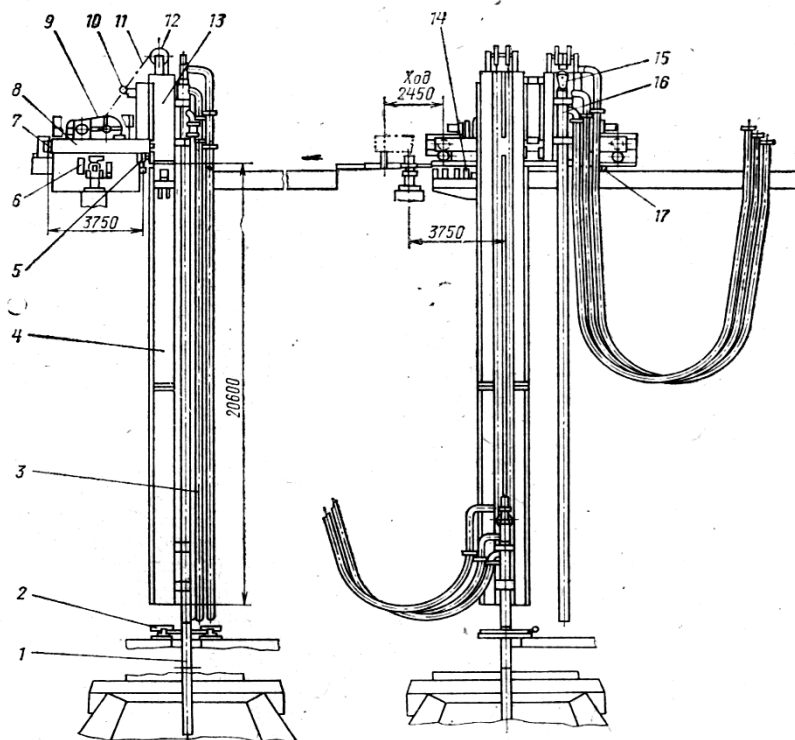


Рис. 15. Комбинированная двухшахтная машина для перемещения фурм.

1 – фурма; 2 – стопорный механизм; 3 – металлорукава; 4 - неподвижная часть шахты; 5, 7 – ходовые колеса; 6 – механизм передвижения платформы; 8 – платформа; 9 – лебедка; 10 – указатель натяжения канатов; 11 – канат; 12 – направляющий блок; 13 – подвижная часть шахты; 14 – командоаппарат; 15 – подвижный блок; 16 – каретка; 17 – ходовая балка

4. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ КОНВЕРТЕРА ПРИ ИЗНОСЕ ЕГО ФУТЕРОВКИ

4.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ ВНУТРЕННЕЙ ПОЛОСТИ КОНВЕРТЕРА ПРИ ИЗНОСЕ ЕГО ФУТЕРОВКИ

Футеровка рабочего слоя изнашивается неравномерно. Наибольшему износу подвержена цилиндрическая часть, меньше изнашивается придонный усеченный конус, почти не изнашивается верхняя часть горловины. Обозначим изношенную часть толщины рабочего слоя как $\Delta\delta_i$, где индекс i равен 1, 2, 3 соответственно отнесенный к горловине, цилиндрической части и придонному усеченному конусу. Тогда, принимая степень износа цилиндрической части футеровки, равной $2/3$, а придонной $0,5$ получим:

$$\begin{aligned}\Delta\delta_1 &= 0; \\ \Delta\delta_2 &= (2/3)\delta_p; \\ \Delta\delta_3 &= 0,5\delta_p.\end{aligned}$$

Если обозначить диаметры и высоты внутренней полости конвертера с изношенной футеровкой большими буквами «D и H» с соответствующей индексацией, тогда:

$$\begin{aligned}
 D_1 &= d_1; \\
 D_2 &= d_2 + 2 \cdot \Delta\delta_2; \\
 D_3 &= d_3 + 2[\Delta\delta_3/\cos(\beta/2) - \Delta\delta_3 \cdot \operatorname{tg}(\beta/2)]; \\
 H_1 &= h_1; \\
 H_2 &= h_2 + \Delta\delta_3 - H_1 - H_3; \\
 H_3 &= h_3 + \Delta\delta_3 + \Delta\delta_2 \cdot \operatorname{tg}(\beta/2); \\
 H_\Sigma &= h_\Sigma + \Delta\delta_3.
 \end{aligned}$$

Используя соответствующие формулы, определяющие объемы цилиндра и усеченного конуса следует рассчитать суммарный объем внутренней полости конвертера, как с новой, так и с изношенной футеровкой ($V_{\text{нов}}$; $V_{\text{изн}}$). Результаты расчетов размеров внутренней полости конвертера как с новой, так и с изношенной футеровкой заносятся в общую таблицу 1.

Таблица 1

Размеры внутренней полости конвертера

d_1	d_2	d_3	h_1	h_2	h_3	h_Σ	$V_{\text{нов}}$
D_1	D_2	D_3	H_1	H_2	H_3	H_Σ	$V_{\text{изн}}$

Следует выполнить эскиз внутренней полости конвертера с новой и изношенной футеровкой, подобно тому, как это сделано для конвертера вместимостью 200 тонн с определенными исходными параметрами (Рис.16).

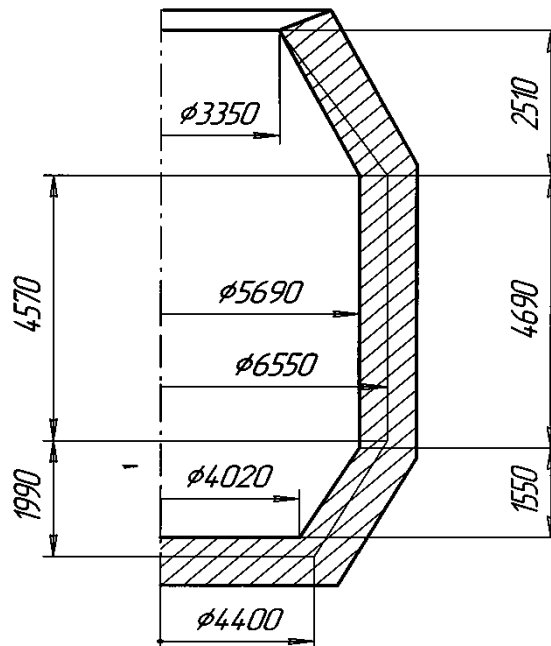


Рис.16. Размеры внутренней полости конвертера при новой и изношенной футеровке ($G = 200\text{т}$).

4.2. ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА ПРОДУВКИ

При износе футеровки увеличивается объем нижнего усеченного конуса, как и объем всей внутренней полости конвертера. Если не менять массу загружаемой металлошихты ($G_1 = G$), то высота жидкого металла в спокойном состоянии станет меньше h_3 . От h_3 , при неизменном i , зависит число сопел в фурме n (см. разд. 2). Уравнение $h_3 = h_B = 0,36 \cdot (G \cdot i/n)^{0,3}$ приходится решать относительно n в виде $n = 0,36^{3,33} (G_0 \cdot i)/h_B^{3,33}$, подставляя соответствующие значения G и h_B . Это один из предлагаемых к рассмотрению вариантов ведения плавки с изношенной футеровкой.

Второй вариант предполагает не изменять глубину спокойной ванны в изношенном придонном усеченном конусе, оставив ее равной h_3 . Тогда возрастает вместимость конвертера ($G_2 > G$). Что опять создает проблемы с определением n .

Третий вариант предусматривает увеличение глубины спокойной ванны до (H_3). Вместимость конвертера еще более возрастет ($G_3 \gg G$).

Для того, чтобы выбрать из трех вариантов загрузки оптимальный вариант необходимо выполнить расчет параметров работы конвертера. Предстоит рассчитать $G, i, n, H_B, H_{всп}, \Delta H, V_{\Sigma}/G, F_B/G, P_{сут}$. За нулевой вариант принимается работа конвертера при новой неизношенной футеровке.

Выбор оптимального варианта производится с учетом соответствия рассчитанных параметров главным критериям нормальной работы конвертера. Эти критерии таковы:

- Выбросы при работе конвертера недопустимы, $H_B + H_{всп} \leq H_{\Sigma}$.
- Использование объема полости конвертера должно быть рациональным $\frac{V_{\Sigma}}{G} = 0,8 - 1,0 \text{ м}^3/\text{т}$.
- Удельная поверхность спокойной ванны призвана обеспечить надежное шлакообразование $F_B/G = 0,12 - 0,18 \text{ м}^2/\text{т}$.
- Пропускная способность газоотводящего тракта имеет коэффициент запаса « k » порядка 1,25. Превышения пропускной способности тракта быть не должно $G_i \cdot i_i \leq k \cdot G \cdot i$.
- Число сопел в фурме n по мере износа футеровки желательно сохранить прежним.

Схема расчета поясняется ниже.

Вариант 1. Вместимость конвертера не меняется $G_1 = G^ = G = G_0$*

- Диаметр спокойной ванны $D_B^* = [D_3^3 + 24 \cdot G_0 \cdot \text{tg}(\beta/2)/(\pi \cdot \gamma)]^{1/3}$.
- Высота спокойной ванны $H_B^* = (D_B^* - D_3)/[2 \cdot \text{tg}(\beta/2)]$.
- Число сопел в фурме $n^* = 0,36^{3,33} \cdot (G_0 \cdot i)/H_B^{*3,33}$.
- Высота вспенивания ванны
 $H_{\text{всп}}^* = [G_0 \cdot i / (1,45 \cdot n^* \cdot (0,6 + C_{Mn} \cdot Si \cdot G_0 / D_2^2))]^{0,43}$.
- Площадь поверхности ванны $F_B^* = \pi \cdot D_B^{*2} / 4$.
- Суточная производительность $P_{\text{сут}}^* = 1440 \cdot G_0 \cdot f / \tau_{\Sigma}$, где f - выход сырой жидкой стали т/т металлошихты (принимается 0,9). Продолжительность цикла плавки τ_{Σ} есть сумма продолжительности вспомогательных операций τ_0 (принимается = 20 мин) и продолжительности продувки $\tau_{\text{пр}} = V_{O_2}/i$, где V_{O_2} удельный расход кислорода м³/т (принимается $V_{O_2} = 58$ м³/т).

*Вариант 2. Глубина ванны не меняется $H_B^{**} = h_B$*

- $D_B^{**} = D_3 + 2 \cdot \text{tg}(\beta/2) H_B^{**}$.
- $G^{**} = \pi \cdot H_B^{**} \cdot \gamma \cdot (D_B^{**2} + D_B^{**} \cdot D_3 + D_3^2) / 12$.
- $n^{**} = 0,36^{3,33} (G^{**} \cdot i) / H_B^{**3,33}$.
- $H_{\text{всп}}^{**} = [G^{**} \cdot i / (1,45 \cdot n^{**} \cdot (0,6 + C_{Mn} \cdot Si \cdot G^{**} / D_2^2))]^{0,43}$.
- $F_B^{**} = \pi \cdot D_B^{**2} / 4$.
- $P_{\text{сут}}^{**} = 1440 \cdot G^{**} \cdot f / \tau_{\Sigma}$.

*Вариант 3. Глубина ванны увеличивается $H_B^{***} = H_3$*

- $D_B^{***} = D_2$.
- $G^{***} = \pi \cdot H_3 \cdot \gamma \cdot (D_2^2 + D_2 \cdot D_3 + D_3^2) / 12$.
- $n^{***} = 0,36^{3,33} (G^{***} \cdot i) / H_3^{3,33}$.
- $H_{\text{всп}}^{***} = [G^{***} \cdot i / (1,45 \cdot n^{***} \cdot (0,6 + C_{Mn} \cdot Si \cdot G^{***} / D_2^2))]^{0,43}$.
- $F_B^{***} = \pi \cdot D_2^2 / 4$.
- $P_{\text{сут}}^{***} = 1440 \cdot G^{***} \cdot f / \tau_{\Sigma}$.

Вариант 0. Рассчитывается аналогично

Результаты расчета по всем 4-м вариантам заносятся в общую таблицу 2. Сопоставление результатов расчета с требованием критериев нормальной работы дает основание выбрать оптимальный вариант продувки для изношенной футеровки. В таблице 2 резервируется место для 4 и 5 вариантов, которые в дальнейшем будут рассматриваться как рабочие варианты.

Расчетные показатели вариантов продувки

№ п/п	G	i	n	H _в	H _{всп}	ΔH	V _Σ /G	F _в /G	k·G·i- G _i ·i _i	P _{сут}
0										
1										
2										
3										
4										
5										

Выбранный оптимальный вариант должен быть обоснован.

4.3. РАСЧЕТ РАБОЧИХ ВАРИАНТОВ ПРОДУВКИ

Рабочий вариант продувки (либо 4, либо 5) выбирается из конкретных производственных условий работы металлургического комбината. Технологическая цепочка его состоит из доменного, сталеплавильного, и прокатного производств. Сталеплавильное производство в этой цепочке занимает промежуточное положение. Темпы производства стали должны быть согласованы с возможностями смежных производств: доменного и прокатного.

Вариант 4 можно назвать вариантом максимальной производительности, а вариант 5 – вариантом стабильной производительности. Производительность конвертера с изношенной футеровкой по варианту 5 должна быть такой же, как и при нулевом варианте. Ритм работы смежных производств в этом случае не нарушается.

Вариант 4. Максимальная суточная производительность $P_{сут_4} = P_{сут_{max}}$

Оптимальный вариант рассматривается в качестве основы варианта 4. Как правило, оптимальный вариант позволяет увеличить производительность конвертера по сравнению с нулевым вариантом. Следует рассмотреть, а возможно ли, еще более увеличить производительность. Основанием для этого

является параметр $\Delta H = H_{\Sigma} - (H_{в} + H_{всп})$. Если ΔH для оптимального варианта окажется положительной величиной, то появляется возможность увеличить $(H_{в} + H_{всп})$ за счет увеличения G_4 или i_4 . Расчеты следует выполнять пошагово, учитывая требования критериев. Результаты расчета заносятся в таблицу 2.

Вариант 5. Суточная производительность конвертера с изношенной футеровкой остается такой же, как при нулевом варианте $P_{сут_5} = P_{сут_0}$

Основой расчета остаются параметры оптимального варианта. Из уравнения суточной производительности находим новое значение τ_{Σ} . Оставляя неизменным продолжительность вспомогательных операций, находим $\tau_{прод_5} = \tau_{\Sigma} - \tau_0$. Новое значение удельной интенсивности продувки $i_5 = V_{O_2} / \tau_{прод_5}$. С учетом значения $\tau_{прод_5}$ необходимо пересчитать параметры продувки оптимального варианта и занести их в таблицу 2. Порядок расчетов остается прежним, как и вариантов 1, 2 и 3.

В выводах должны быть отражены основные решения, принятые в проекте по разделам 2, 3 и 4.

ЛИТЕРАТУРА

1. Машины и агрегаты металлургических заводов. / Ред. *А.И.Целиков*. Том 2. Машины и агрегаты сталеплавильных цехов. М: Металлургия. 1988. 432 с.
2. Теория и технология производства стали. / *В.П.Карасев, С.В.Рябошук*. Расчет тепло- и массообменных процессов при переработке углеродистого сырья в сталь. Методические указания к курсовой работе.: Учебное пособие СПб, 2009, 59 с.