

Изобретение относится к черной металлургии, а именно к кислородно-конвертерному производству.

Известен поворотный съемный кессон для отвода конвертерных газов, выполненный в виде охлаждаемого цилиндра (признак, общий с признаком заявляемого технического решения), причем в верхней части кессона расположена коробка с полыми цапами для подвода и отвода охладителя, установленными в обойме с роликами [1].

Недостатком указанного кессона является отсутствие надежных конструктивных элементов, препятствующих быстрому развитию циклической усталости внутренней оболочки кессона от знакопеременных нагрузок термического расширения и внутреннего давления охлаждающей жидкости.

Известен также кессон для отвода конвертерных газов, содержащий фурменное окно, внешнюю и внутреннюю концентрические оболочки, между которыми подается охлаждающая жидкость, подводящие патрубки, сливной короб, ребра жесткости, выполненные в виде колец и соединенные с внутренней оболочкой по всему периметру [2].

Данное устройство принято нами за прототип.

Недостатком прототипа является невысокая стойкость внутренней оболочки кессона из-за циклических усталостных напряжений и, соответственно, небольшой межремонтный срок службы этих кессонов, который реально составляет около 6 месяцев. Это одно из "узких мест" в сталеплавильном производстве комбината.

Низкая циклическая стойкость внутренней оболочки кессона объясняется неудачной конструкцией ребер жесткости, которые как бы опираются на стержни, приваренные к внутренней оболочке. При термическом расширении внутренней оболочки стержни "протыкают" эту оболочку. В то же время конструкция ребер жесткости сложна и нетехнологична в изготовлении: требуется большое количество ручных сварочных работ в труднодоступных для сварки местах, что не гарантирует качества сварки. Поэтому в межпродувочный период, когда внутренняя оболочка охлаждается при одновременном воздействии на нее силы давления охлаждающей жидкости, происходит отрыв стержней от оболочки или от ребра жесткости. При этом происходит потеря устойчивости оболочки от указанного внешнего нагружения и ее "вздутие", особенно в районе напротив фурменного окна, после чего кессон к эксплуатации уже не пригоден. Зачастую происходит разрушение оболочки с выбросом воды в конвертер и в цех, что является аварией.

В основу изобретения поставлена задача усовершенствования кессона для отвода конвертерных газов путем повышения циклической стойкости внутренней оболочки, что обеспечивается исключением изгибающего момента в месте приварки ребра жесткости к внутренней оболочке кессона, за счет чего срок службы ее увеличивается. Сущность изобретения заключается в том, что в кессоне для отвода конвертерных газов, содержащем фурменное окно, внешнюю и внутреннюю концентрические оболочки, между которыми подается охлаждающая жидкость, подводящие патрубки, сливной короб, ребра жесткости, выполненные в виде колец и соединенные с внутренней оболочкой по всему периметру, согласно изобретению, поперечное сечение колец ребер жесткости выполнено симметричным относительно оси, перпендикулярной образующей внутренней оболочки.

При этом отношение толщины стойки ребра жесткости к толщине внутренней оболочки поддерживают в пределах:

$$1,0 \leq \delta_p / \delta_{об} \leq 1,4$$

Кроме того, ребра жесткости выполнены перфорированными.

Следует отметить, что подводящие патрубки установлены тангенциально, при этом часть патрубков расположена напротив фурменного окна на расстоянии по образующей от нижнего среза цилиндрической части кессона, определяемом в зависимости от конструктивно заданного угла наклона кессона α по выражению

$$L_{обр} = -d_{внутр} \times \text{ctg} 2\alpha - l_0$$

где: $L_{обр}$ - расстояние по образующей от нижнего среза цилиндрической части кессона до осей тангенциально врезанных подводящих патрубков в зоне напротив фурменного окна, мм;

α - угол между осью кессона и горизонтальной плоскостью, определяемый в каждом конкретном случае в зависимости от особенностей конструкции, град;

$d_{внутр}$ - диаметр внутренней оболочки кессона, мм;

l_0 - длина полуоси фурменного окна по образующей кессона, мм.

Выполнение ребра жесткости в виде кольца с поперечным сечением, симметричным относительно оси, перпендикулярной образующей внутренней оболочки и присоединенного к ней по всему периметру, исключает изгибающий момент, т.к. его плечо равно нулю.

Работоспособность внутренней оболочки кессона в месте приварки стойки ребра жесткости обусловлена двумя взаимоисключающими требованиями:

- для уменьшения напряжений в оболочке (в зоне приложения нагрузки) стойка ребра жесткости должна быть широкой;
- для исключения перегрева оболочки кессона в месте приварки этой стойки (неохлажденная зона) стойка должна быть узкой.

Первое из этих требований определяет минимальную ширину (δ_p) стойки ("не менее"), второе - максимальную ("не более"). Величина этого диапазона определяется следующим.

Точка внутренней поверхности оболочки кессона, расположенная против стойки ребра, при приложении нагрузки перемещается по окружности, радиус которой равен толщине оболочки ($\delta_{об}$) и величина ее перемещения определяется величиной $\delta_{об}$. Поскольку напряжение оболочки в месте приварки стойки ребра жесткости к оболочке кессона пропорционально $\delta_p / \delta_{об}$, то его величина будет падать с ростом этого отношения, т.е. должно выполняться условие $\delta_p / \delta_{об} > 1$. Следовательно, для границы "не менее" $\delta_p / \delta_{об} \cong 1$.

Из условия задаваемого уровня прочности конструкции необходимо обеспечить уровень напряжений оболочки и ребра жесткости не менее $0,85 \sigma_{0,2}$ ($\sigma_{0,2}$ - предел текучести материала). Общеизвестно, что

параметр $\sigma_{0,2}$ зависит от температуры и падает с ее ростом, например, для стали 25 при $t = 20-200^{\circ}\text{C}$ $\sigma_{0,2} \approx 325 \text{ кгс/мм}^2$, а при $t = 300^{\circ}\text{C}$ $\sigma_{0,2} = 20,2 \text{ кгс/мм}^2$.

Следовательно, для углеродистых сталей $\sigma = 0,85 \times \sigma_{0,2} = 27,63 \text{ кгс/мм}^2$, что соответствует $t=240^{\circ}$, которую можно считать критической для рассматриваемой задачи.

Параметрический анализ теплового состояния узла соединения стойки ребра жесткости и внутренней оболочки при прогреве тел сложной формы, а также постановка эксперимента показали, что уровень температуры меньший t_p достигается при соотношении $\delta_p / \delta_{об} \leq 1,4$. Следовательно для границы "не более" $\delta_p / \delta_{об} \leq 1,4$. Таким образом, $1,0 \leq \delta_p / \delta_{об} \leq 1,4$.

Во время продувки плавки кислородом поток конвертерных газов оттесняется воздухом, подсасываемым в кольцевой зазор между кислородной фурмой и внутренней образующей фурменного окна и противоположной нижней части кессона, вызывая перегрев внутренней оболочки именно в этой части. Охлаждающая жидкость подается в эту зону напротив фурменного окна через подводящие патрубки, расположенные на расстоянии $L_{обр.}$ от нижнего среза кессона.

Расстояние, на котором тангенциально устанавливаются патрубки, причем часть патрубков в зоне напротив фурменного окна поднята, определяется для любой конструкции кессона следующим образом.

Так как ось фурмы должна совпадать с осью конвертера, а последняя должна пересекаться с осью кессона, то т. Д является точкой пересечения: продольной оси кессона, оси симметрии конвертера и оси фурм. Точка Е является точкой пересечения оси фурменного окна и внутренней поверхности оболочки. Тогда:

$$\frac{D C}{E C} = \cos \alpha \rightarrow E C = \frac{D C}{\cos \alpha} = \frac{G C}{2} \times \frac{1}{\cos \alpha} =$$

$$= \frac{d_{внутр}}{2 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha} = \frac{d_{внутр}}{2 \cdot \sin \alpha}$$

$$h_{обр} + l_0 = KH = FG = EC = EC - LC =$$

$$= d_{внутр} \left(\frac{1}{2 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha} - \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} \right) =$$

$$= d_{внутр} \frac{(1 - 2 \cos^2 \alpha)}{2 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha} =$$

$$= d_{внутр} \frac{(1 - \cos^2 \alpha) - \cos^2 \alpha}{\sin 2 \alpha} =$$

$$= d_{внутр} \left(\frac{\sin^2 \alpha - \cos^2 \alpha}{\sin 2 \alpha} \right) =$$

$$= - d_{внутр} \left(\frac{\cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha}{\sin 2 \alpha} \right) =$$

$$= - d_{внутр} \frac{\cos 2 \alpha}{\sin 2 \alpha} = - d_{внутр} \times \operatorname{ctg} 2 \alpha$$

$$l_{обр} = - d_{внутр} \operatorname{ctg} 2 \alpha - l_0$$

Так, например, для конкретных условий кислородно-конвертерного цеха № 2 м/к "Криворожсталь" $d_{внутр} = 3160 \text{ мм}$, $\alpha = 60^{\circ}$, $l_0 = 960 \text{ мм}$, откуда

$$L_{обр.} = -3160 \cdot \operatorname{ctg}(2 \cdot 60^{\circ}) - l_0 = -3160 \text{ мм} \times (-0,5773) = 1824 \text{ мм} - 960 \text{ мм} = 864 \text{ мм}.$$

Таким образом, благодаря установке в этой зоне патрубков, усиливается циркуляция и теплосъем, что выравнивает температуру внутренней оболочки, увеличивая ее долговечность.

Изобретение поясняется чертежами, где на фиг. 1 показан продольный разрез кессона: на фиг. 2 - поперечное сечение кессона по АА на фиг. 1; на фиг. 3 - фрагмент продольного сечения кессона по Б Б на фиг. 2; на фиг. 4 - фрагмент сечения В В на фиг. 1, где ребра жесткости условно не показаны.

Кессон состоит из внешней оболочки 1, концентрически установленной в ней внутренней оболочки 2, приваренных к внешней оболочке подводящих патрубков 3, сливного короба 4, фурменного окна 5, ребер жесткости 6 с перфорацией 7, приваренных к внутренней оболочке 1.

Кессон работает следующим образом.

Охлаждающая жидкость поступает в нижнюю часть кессона через тангенциально установленные подводящие патрубки 3, поднимается вверх, проходит через перфорацию 7 в ребрах жесткости 6, охлаждая внутреннюю оболочку 2, и переливается в сливной короб 4. После начала продувки кислородом запыленные конвертерные газы с температурой около 1700°C поступают в кессон и отдают свое тепло посредством лучистого и конвективного теплообмена внутренней оболочке 2. При этом она нагревается и расширяется, увеличиваясь в диаметре. Вся внутренняя оболочка 2 посредством ребер жесткости 6 разбивается на отдельные участки, каждый из которых расширяется самостоятельно, не встречая сопротивления. Ребра жесткости 6, нагреваясь от внутренней оболочки 2 посредством теплопроводности и частично под воздействием распорных усилий ее расширения, также расширяется, но в меньшей степени, чем внутренняя оболочка 2. В результате этого она между двумя ребрами жесткости как бы "раздувается".

Ребра жесткости 6 выполнены в виде кольца с поперечным сечением, симметричным относительно оси, перпендикулярной образующей внутренней оболочки, и присоединенного к ней по всему периметру. Такая конструкция обеспечивает исключение изгибающего момента, передаваемого на ребро и на саму оболочку 2, что увеличивает срок ее службы.

Следует также отметить, что предложенная конструкция существенно снижает трудоемкость изготовления и ремонта кессона за счет резкого уменьшения количества ребер жесткости (4 вместо 12) по сравнению с действующей конструкцией, а также возможности проведения автоматизированной сварки для приварки ребер жесткости с наружной поверхности внутренней оболочки 2 (для существующей конструкции требуется ручную приваривать к ребру и к оболочке сотни уголков - стержней).

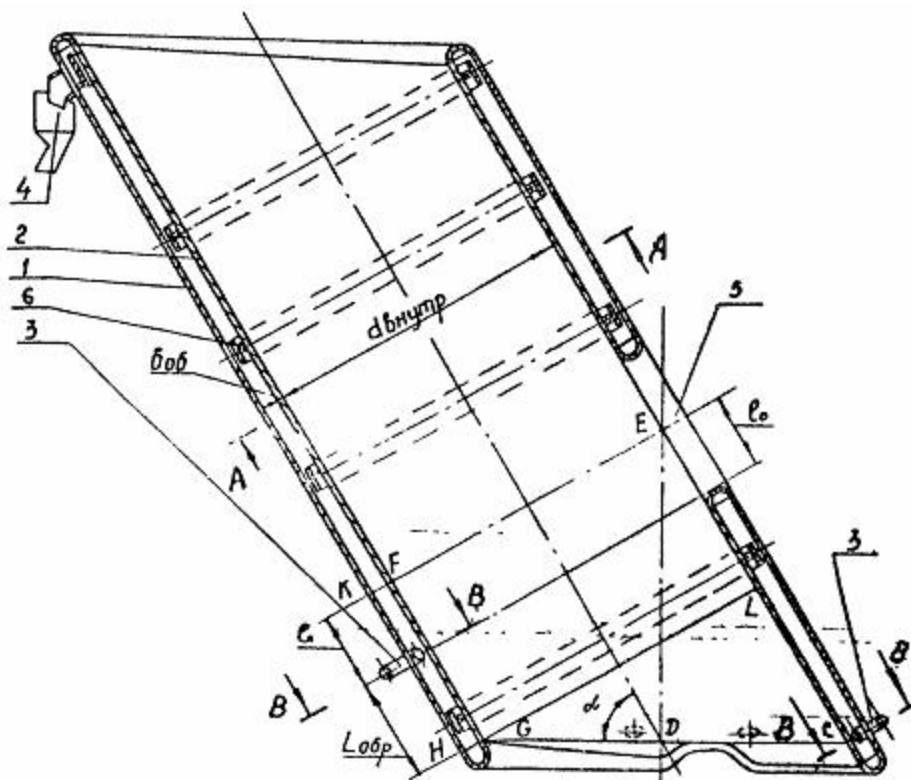
Одновременно следует подчеркнуть, что ребро жесткости, выполненное, например, в виде тавра, может быть составленным из двух сваренных уголков или сварным, когда к стойке ребра, выполненной из листа, приваривается соответствующее кольцо. Размеры тавра определяются расчетами в каждом конкретном случае.

В местах установки ребер жесткости 6 внутренняя оболочка 2 расширяется незначительно, т.е. настолько, насколько ей позволяют ребра жесткости. При этом в оболочке возникает напряжение. Как показали расчеты, при толщине стенки внутренней оболочки 10 мм и $R_{\text{внутр.}} = 3282$ мм это напряжение для конкретных условий кислородно-конвертерного цеха № 2 металлургического комбината "Криворожсталь" составляет около 300 кгс/см² при допуске - 1200 мгс/см².

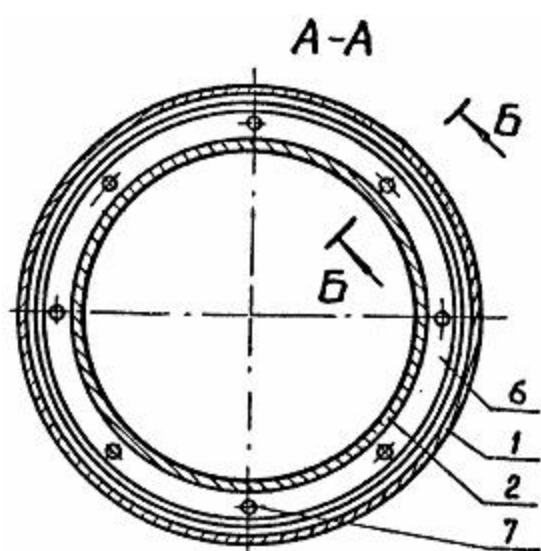
После прекращения продувки кислородом внутренняя оболочка 2 охлаждается и постоянно возвращается в исходное положение. При этом на нее действует сила давления охлаждающей воды, изгибая оболочку в противоположном направлении, т.е. внутрь кессона.

На всех участках внутренней оболочки 2 между ребрами жесткости 6 она свободно прогибается внутрь кессона. Таким образом, на протяжении периода плавки на внутреннюю оболочку 2 действуют знакопеременные циклические нагрузки. Благодаря предложенной конструкции кессона участки внутренней оболочки 2 имеют возможность как бы "дышать". При этом напряжение в ней длительное время не превышает предела прочности, и межремонтный Срок службы кессона увеличивается. Как показали выполненные расчеты для ККЦ № 2 «Криворожсталь» предложенная конструкция выдерживает без разрушения $4,8 \times 10^4$ циклов против $1,6 \times 10^4$ циклов для существующего кессона.

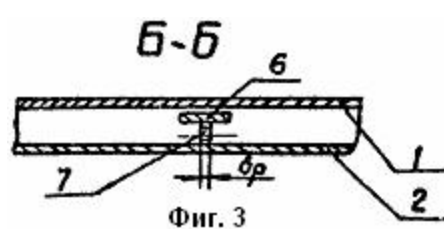
Предложенное техническое решение предполагается осуществить в кислородно-конвертерных цехах №1 и №2 Криворожского меткомбината им. Ленина.



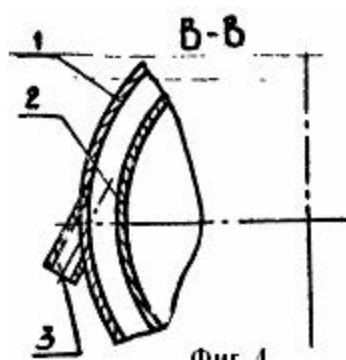
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4