

УДК 669.02.09: 621.791.75

А.В. Лоза, В.В. Чигарев, В.В. Шишкин, Д.А. Рассохин
Приазовский государственный технический университет
**ПРИМЕНЕНИЕ СВАРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ УМЕНЬШЕНИЯ
ДЕФОРМАЦИЙ ЧАШИ ШЛАКОВОЗА**

В работе выполнен анализ условий работы чаши доменных шлаковозов при высоких температурах и основных методов уменьшения деформаций его корпуса. Обоснована целесообразность применения метода сварки для уменьшения деформации корпуса чаши. Использование ребер жесткости позволяет уменьшить образование дефектов, увеличить надежность и ресурс работы доменного шлаковоза.

Ключевые слова: шлаковоз, чаша, надежность, деформация, термические нагрузки, сварка

А.В. Лоза, В.В. Чигарьев, В.В. Шишкин, Д.О. Рассохин
Приазовський державний технічний університет
**ЗАСТОСУВАННЯ ЗВАРНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ ДЕФОРМАЦІЙ
ЧАШІ ШЛАКОВОЗУ**

В роботі виконаний аналіз умов працювання чаши доменних шлаковозів та основних методів зменшення деформацій його корпусу. Обґрунтована доцільність застосування методу зварки для зменшення деформацій корпусу чаши. Використання ребер жорсткості дозволяє зменшити виникнення дефектів, підвищити надійність та ресурс роботи доменного шлаковозу.

Ключові слова: шлаковоз, чаша, надійність, деформація, термічні напруги, зварка

A.V. Loza, V.V. Chigarev, V.V. Shishkin, D.A. Rassokhin
Pryazovskyi State Technical University
**APPLICATION OF WELDED ELEMENTS WITH THE OBJECTIVE OF REDUCING
DEFORMATION OF SLAG CAR CASING**

The article contains the analysis of operation conditions of casings of blast-furnace shop slag cars and the principal methods of improving their strength. The application of welding for reducing the deformation values of slag-carriers casing was well substantiated. Introduction of ribs allows to lessen formation of defects and improve the reliability and service lives of blast-furnace slag carriers.

Key words: slag cars, casing, reliability, deformation, thermal loads, welding

Постановка проблеми. Применение шлаковозов на металлургических предприятиях связано с проблемой обеспечения надёжности их работы. Из-за повышенной опасности при перевозке расплавленных материалов с температурой более 1500 °С возможные аварийные ситуации должны быть исключены. В ходе эксплуатации высокие температурные и механические нагрузки приводят к возникновению остаточных деформаций чаши в районе опорного кольца шлаковоза (т.н. «утяжка»), что снижает его надёжность и уменьшает ресурс работы. Поэтому вопрос сохранения надёжности чаши шлаковоза при работе в экстремальных условиях является актуальным.

Анализ последних исследований и публикаций. Вопросам повышения стойкости шлаковозов в литературе уделено мало внимания [1, 2]. Особенности эксплуатации данного вида оборудования описаны лишь в литературе для служебного пользования [2].

Постановка задачи. В работе поставлена задача – проанализировать причины возникновения деформаций корпуса чаши и обосновать возможность их уменьшения за счет применения сварных элементов.

Изложение основного материала. Чаша шлаковоза работает в сложных условиях. Возникновение остаточных деформаций обусловлено нагревом стального корпуса литой чаши выше температур 560-580 °С. При этих температурах прочностные характеристики углеродистой стали заметно снижаются, что приводит к изменению геометрии чаши (рис.1) и ухудшению условий её разгрузки.



Рис.1. Деформация чаши шлаковоза (а) и трещины в месте наибольших прогибов стенки корпуса (б)

Применяемые литые рёбра жесткости на чашах существующих конструкций выполняют свою функцию недостаточно эффективно. Во второй половине срока эксплуатации чаши прогибы стенки могут достигать 150-200 мм относительно первоначального профиля. Деформации корпуса такой величины приводят к затруднениям при удалении твёрдой фазы шлака из чаши. Вынужденные мероприятия технологического персонала по удалению коржевых остатков при опорожнении шлаковоза связаны с ударными нагрузками. Это уменьшает ресурс работы не только чаши, но и привода шлаковоза. В месте наибольших прогибов корпуса развиваются трещины по следующим причинам. Литые изделия изначально не предназначены для деформаций при эксплуатации и обладают недостаточным запасом пластичности. Технология производства таких изделий обуславливает наличие в них целого ряда дефектов литья, которые снижают механические свойства металла корпуса чаш. Кроме того, в сталях при температурах выше 500 °С развивается тепловая хрупкость [3, 4], что ухудшает их механические характеристики. Вышеперечисленные факторы облегчают возникновение трещин в корпусе чаш, снижают их прочность и надёжность работы шлаковоза в целом.

Для решения указанной проблемы было выполнено моделирование состояния корпуса литой чаши во время эксплуатации с применением МКЭ по известной методике [5]. Задача решалась на основе численного анализа напряженно-деформированного состояния чаши для упругой модели. В расчете использованы механические свойства литой стали 30Л, без термообработки [6]. Принято допущение о равномерном распределении свойств материала в литом корпусе (механические и теплофизические характеристики зависят от температуры). Влияние дефектов литья при моделировании не рассматривалось. Анализ полученных результатов показывает, что наибольшие по величине деформации локализованы в районе опорного кольца в тех местах, где тепловой поток при охлаждении корпуса экранируется опорными элементами конструкции шлаковоза (рис.2). Максимальная величина прогибов определяется величиной температурных градиентов в стенке.

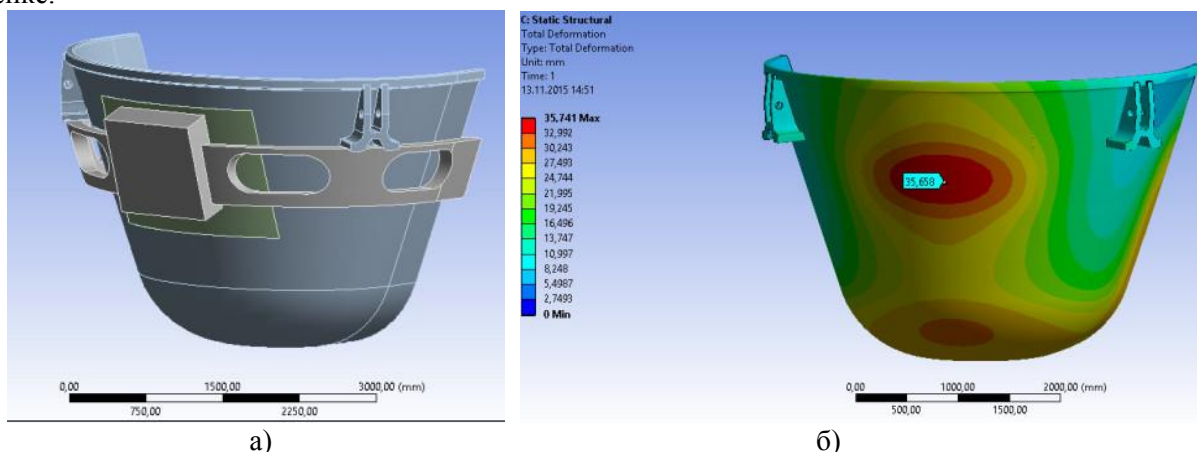


Рис.2. Модель чаши шлаковоза с опорным кольцом (а) и схема деформаций стенки при неравномерном температурном нагружении (б)

Результаты моделирования показывают, что наибольшие прогибы чаши должны находиться в зоне поворотных цапф опорного кольца. Деформации в основном обусловлены градиентами температур по толщине стенки чаши. Неравномерность температурных полей сохраняется даже в момент технологических пауз перед началом очередного цикла термического нагружения. Это является одной из причин постепенного накопления незначительных пластических деформаций в корпусе чаш.

Анализ существующих методов уменьшения деформации чаш, показывает, что дорогостоящие варианты технологий упрочнения их корпуса (общее и местное легирование, применение многослойных стенок и др.) не находят промышленного применения в современном производстве. В то же время, подробное рассмотрение конструкций существующих шлаковозов и причин их выхода из строя показывает, что ресурсы увеличения прочности и жесткости корпуса чаши ещё полностью не исчерпаны. Известно применение предварительно напряженных устройств [7] для снижения нагрузок в металлургических машинах. Дополнительные конструктивные элементы могут быть использованы также с целью уменьшения деформаций. В качестве таких элементов в шлаковозе могут выступать дополнительные ребра жесткости. Деформация корпуса с прогибом стенки в радиальном направлении к вертикальной оси шлаковоза может быть уменьшена за счет нагружения конструктивных элементов, работающих на растяжение в противоположном направлении. Дополнительные ребра жесткости должны быть установлены максимально близко к области наибольших деформаций и обладать заданным уровнем прочности. Литые ребра не могут выполнять такую функцию надёжно, т.к. внутренние литейные дефекты снижают прочностные свойства металла, что особенно важно в месте крепления ребра к корпусу.

Наиболее рациональным было бы применение рёбер жесткости из катаных заготовок, закрепленных на корпусе чаши методами сварки. Схема нагружения ребер в направлениях, противоположных утяжке, изменяет характер силового воздействия на корпус чаши при эксплуатации, что снижает её деформацию в несколько раз.

В промышленных условиях опробовано техническое решение в виде дополнительных ребер жесткости, выполненных из катаных заготовок стали марки Ст.3сп. Рёбра закрепляют на корпусе чаши методом сварки выше зоны опорного кольца. Расчет сварных швов выполняют исходя из геометрических размеров рёбер и их количества. Форма ребер конструктивно выполнена таким образом, чтобы они контактировали с опорным кольцом и работали на растяжение, препятствуя прогибу стенки. Технология упрочнения литой чаши сварными элементами с гарантированным уровнем прочности проверена экспериментально, обладает простотой и надёжностью и может быть реализована как на стадии изготовления, так и во время промежуточных ремонтов чаш шлаковозов (рис.3).



Рис.3. Фрагмент чаши с дополнительными рёбрами жесткости

Результаты исследования могут быть использованы при совершенствовании конструкции чаш шлаковозов с целью увеличения их срока эксплуатации.

Выводы:

1. Деформации чаш доменных шлаковозов возникают из-за недостаточной прочности стального корпуса при температурах 560-580 °С и выше. Для обеспечения надёжной работы при

длительной эксплуатации шлаковозов, требуется уменьшить образование остаточных деформаций в виде утяжки.

2. Различные варианты литейных технологий, предлагаемые для снижения деформаций и увеличения прочности корпуса чаш, в настоящий период являются неприменимыми в промышленном производстве.

3. Уменьшить проблему образования утяжки корпуса чаши при высоких температурах возможно за счет применения дополнительных ребер жесткости. Для этого необходимо использовать стальные заготовки с гарантированным уровнем прочности, закрепив их на корпусе чаши при помощи сварки.

Список использованных источников:

1. Емелин М. В. К вопросу оценки термонапряженного состояния и термочувствительности чаш шлаковозов / М. В. Емелин, С. Р. Рахманов // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2009. – № 2. – С. 103-108.
2. Иванченко И. Ф. Исследование опытного образца шлаковоза с чашей емкостью 24 м³ / И.Ф. Иванченко и др. // *Отчет по НИР ДМетИ и ДЗМО*. – Днепропетровск: 1977. – 148 с.
3. Горицкий В. М. О причинах трещинообразования в корпусах кислородных конверторов / В. М. Горицкий [и др.] // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 1987. – № 1. – С. 57-60.
4. Горицкий В. М. Склонность к тепловой хрупкости сталей Ст.3сп, 14Г2 и 15ХСНД с повышенным содержанием мышьяка / В. М. Горицкий, Г. Р. Шнейдеров // *МиТОМ*. – 1984. – № 11. – С. 29-32.
5. Лоза А.В. Исследование деформаций в концевых слябах при непрерывной разливке стали / А. В.Лоза, В. В. Чигарев, Д. А. Рассохин, В. В. Шишкин // *Изв. ВУЗов. Черная металлургия*. – 2015. - № 3. Том 58 –С. 197-202.
6. Марочник сталей и сплавов / под ред. В. Г. Сорокина. – М. : Машиностроение, 1989. – 639 с.
7. Артюх В. Г. Нагрузки и перегрузки в металлургических машинах: Монография / В. Г.Артюх. – Мариуполь: Изд-во ПГТУ, 2008. – 246 с.

Рецензент: В.И. Щетина
д-р техн. наук, проф., ГВУЗ «ПГТУ»

Стаття надійшла до редакції 31.03.2016.