

## ОБЛАДНАННЯ ТА РЕМОНТИ

УДК 669.162.266.452

© Рассохин Д.А.<sup>1</sup>, Чигарев В.В.<sup>2</sup>, Лоза А.В.<sup>3</sup>, Шишкин В.В.<sup>4</sup>

### ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ В СТЕНКЕ ЧАШИ ШЛАКОВОЗА

*В работе выполнено аналитическое исследование напряжений стенки чаши шлаковоза во время его эксплуатации. Установлена картина распределения напряжений в корпусе чаши в случае ее изготовления из стандартного материала (сталь 30) и с применением локального легирования в области опорного кольца.*

**Ключевые слова:** шлаковоз, шлаковая чаша, конструкция, напряжения, прочность, легирование, локальное легирование.

**Рассохін Д.О., Чигарьов В.В., Лоза А.В., Шишкін В.В. Дослідження напруг в стінці чаші шлаковоза.** У роботі виконано аналітичне дослідження напруг стінки чаші шлаковоза під час його експлуатації. Встановлена картина розподілу напружень в корпусі чаші в разі її виготовлення з стандартного матеріалу (сталь 30) та з застосуванням локального легування в області опорного кільця.

**Ключові слова:** шлаковоз, чаша шлаковозу, конструкція, напруги, міцність, легування, локальне легування.

**D.O. Rassokhin, V.V. Chigarev, A.V. Loza, V.V. Shishkin. Research of strain in the slag cars walls.** In the investigation an analytical research of cinder car slag-pot wall strain in service is carried out. Schedule of strain distribution in the slag-pot body manufactured from standard material (st 30) and manufactured using local alloying in the area of support ring is drawn up.

**Keywords:** slag-pot, slag bowl, design, strain, durability, alloying, local alloying.

**Постановка проблемы.** Чаша доменного шлаковоза в процессе эксплуатации наполняется расплавленным шлаком, температура которого может достигать 1600°С. После наполнения шлаком происходит интенсивное распространение тепла по всему сечению чаши. Это объясняется значительной продолжительностью действия и мощностью источника тепла. Корпус чаши имеет на различных уровнях высоты не одинаковую толщину. Под влиянием неравномерного распространения тепла в корпусе возникают различные по величине и знаку напряжения. Известно, что неравномерность распространения тепла значительно усиливается в деталях, не симметричных по отношению к центру их массы, в массивных деталях, а также сложной конфигурации. Такой деталью является и чаша доменного шлаковоза. В случае достижения значенний внутренних напряжений в материале выше предела текучести любая стальная деталь начинает пластически деформироваться, что вызывает остаточные напряжения и деформации ее после остывания. Первоначальные размеры конструкции могут изменяться. В случае возникновения значительных температурных перепадов, вызывающих локальные тепловые напряжения, превышающие предел прочности материала, возможна угроза появления микротрещин. Это значительно снижает надежность отдельных узлов и конструкции в целом. При длительной эксплуатации могут возникать остаточные деформации в отдельных элементах шлаковой чаши, которые влияют на её несущую способность. Важнейшей задачей является не только уменьшение уровня термических напряжений в конструкции на этапах технологического процесса изготовления, но и выравнивания его по объему в процессе эксплуатации. Решение этой проблемы

<sup>1</sup> аспирант, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь

<sup>2</sup> д-р техн. наук, профессор, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь

<sup>3</sup> старший преподаватель, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь

<sup>4</sup> канд. техн. наук, доцент, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь

возможно различными способами, например за счет применения способа локального легирования.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Значительное место вопросам термических напряжений уделено в работах С.В. Тимошенко, М.И. Янковского, А.С. Филиппова и др. Анализ исследований различных авторов [1-4] показывает, что в большинстве случаев стойкость деталей падает вследствие влияния температурных напряжений, возникающих в сечении детали. Это необходимо учитывать при проектировании, изготовлении и совершенствовании металлургических деталей и узлов ответственного назначения.

**Цель статьи** – на основе экспериментально установленных значений температуры поверхности чаши, определить потенциально опасные сечения ее корпуса с точки зрения разрушения, а также определить величину напряжений, которые могут возникать в процессе эксплуатации.

**Изложение основного материала.** Надежность и долговечность машин или механизмов в целом зависят от продолжительности сохранения основных показателей отдельными ее составляющими - узлами и деталями. В общем случае к таким показателям относятся: длительное сохранение первоначальных размеров, прочность, качество поверхности, точность и характер посадок, коррозионная стойкость и т.д. Недостаточно исследованным на данный момент является влияние структуры и отдельных операций технологического процесса изготовления на качество деталей, в частности на состояние поверхностного слоя и материала детали в целом, накопленную скрытую энергию, запас стабильности фаз, остаточные напряжения и т.д. Зачастую при эксплуатации изделий, влияние технологической наследственности на служебные характеристики деталей настолько значительны, что обеспечить необходимые показатели надежности машины невозможно без их учета.

Одним из факторов технологической наследственности является формирование термонапряженного состояния под воздействием различных источников выделения теплоты в материале рассматриваемого изделия. Источники тепла могут изменять структуру материала на различных стадиях формирования отливки, её обработки и дальнейшей эксплуатации. Например, при формировании поверхности заготовки методом шлифования источниками теплоты является зона шлифования. Относительно небольшое время воздействия теплового потока средней мощности, выделяемой в зоне резания при механической обработке, будет вызывать формирование термонапряженного состояния лишь на незначительной глубине от поверхности. Совсем другая картина наблюдается при эксплуатации детали.

В процессе эксплуатации чаши происходит взаимодействие горячего шлака с ее холодным корпусом и возникает перепад температур, который является одним из основных факторов, влияющих на стойкость чаш. Поэтому расчет напряженно-деформированного состояния (НДС) имеет смысл выполнять прежде всего для условий максимальной нагруженности конструкции при эксплуатации, и начинать его необходимо с уточнения температурного поля стенки чаши.

Данному вопросу уделяли внимание различные исследователи: И.В. Распопов [5], К.А. Пак и А.В. Чаленко [6] и др. Силами кафедры ТиПМ ПГТУ была выполнена работа по уточнению температур наружной поверхности корпуса эксплуатирующихся чаш. Замеры проводились оптическим пирометром «Rautek» по всей высоте чаши от начала заполнения ее жидким шлаком и до момента достижения максимальных температур. Наибольший интерес представляют значения, полученные непосредственно в области развития деформаций, а именно в области опорного кольца. Полученные экспериментальные данные и сравнительные данные других исследователей сведены в диаграмму и представлены на рисунке 1.

Согласно полученным авторами статьи данным, максимальная температура стенки чаши достигает  $410^{\circ}\text{C}$ , что хорошо согласуется с данными, полученными К.А. Пак и А.В. Чаленко. Полученные значения температур были использованы для моделирования теплового профиля корпуса чаши методом конечных элементов (МКЭ).

Моделирование температурных полей, образующихся в деталях при эксплуатации, выполнялось в расчетной программе ABAQUS. Возможности статического и динамического прочностного анализа программы ABAQUS используются для определения перемещений, напряжений, деформаций и усилий, которые возникают в конструкции или ее составных частях в результате приложения внешних сил. Задача решалась в статической постановке, т.к. действие

сил инерции и процессы рассеяния энергии не оказывают существенного влияния на поведение конструкции. Такой тип анализа исследователи используют во многих задачах и приложениях, например, для расчета температурных напряжений или для определения концентрации напряжений в галтелях конструктивных элементов.

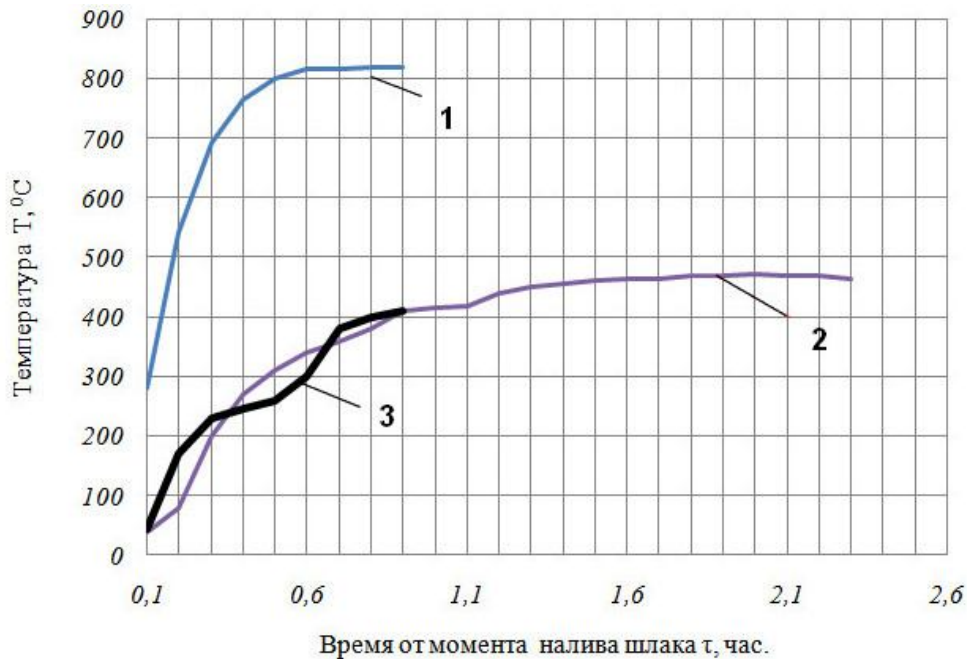


Рис. 1 – Изменение температуры стенки чаши в процессе эксплуатации

В процессе эксплуатации, чаша шлаковоза воспринимает температурные нагрузки, которые сопровождаются значительным нагревом корпуса, что вызывает развитие в нем напряжений и деформаций. В результате расчета напряженно-деформированного состояния чаши со стандартными механическими характеристиками материала (сталь 30), установлено, что максимальные напряжения возникают в месте предполагаемого возникновения дефекта «утяжка», а именно в районе поворотной цапфы опорного кольца шлаковоза. Максимальные значения эквивалентных напряжений в модели составляют 84 МПа (рис. 2). На рисунке показано распределение напряжений в области наибольшей деформации чаш. При этом напряжения в других участках корпуса исследуемой области значительно меньше (около 10 МПа), что говорит о существенной неравномерности напряжений в корпусе чаши. Область с повышенными напряжениями является потенциально опасным участком с точки зрения возникновения остаточных деформаций и дальнейшего разрушения. Для упрочнения всей конструкции необходимо усилить, прежде всего данный потенциально опасный участок. Это может быть достигнуто за счет применения метода локального легирования. Данный метод может быть реализован за счет применения порошковых проволок с заданным химическим составом.

В случае дополнительного легирования корпуса чаши в районе опорного кольца максимальные значения напряжений в области возникновения дефекта «утяжка» могут снизиться до 55 МПа (рис. 3). Для расчетной модели были использованы механические характеристики стальной отливки, полученные экспериментальным исследованием. Данные результаты позволяют предположить, что дополнительное легирование в заданном месте отливки выравнивает градиент напряжений в области повышенных температур, и одновременно снижает максимальные напряжения. Полученные результаты показывают, что диапазон изменения напряжений в корпусе чаши при локальном упрочнении составляет 30-55 МПа.

В настоящее время проводятся экспериментальные работы по оптимизации технологии изготовления деталей с упрочнением наиболее нагруженных участков, основной целью которых является увеличение их сроков эксплуатации, а также сведение к минимуму затрат на производство.

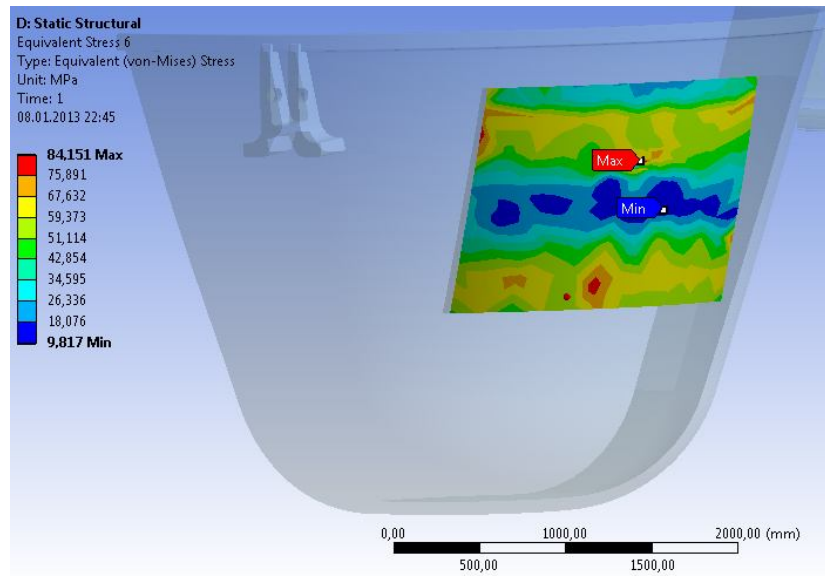


Рис. 2 – Эквивалентные напряжения в стенке чаши (материал сталь 30)

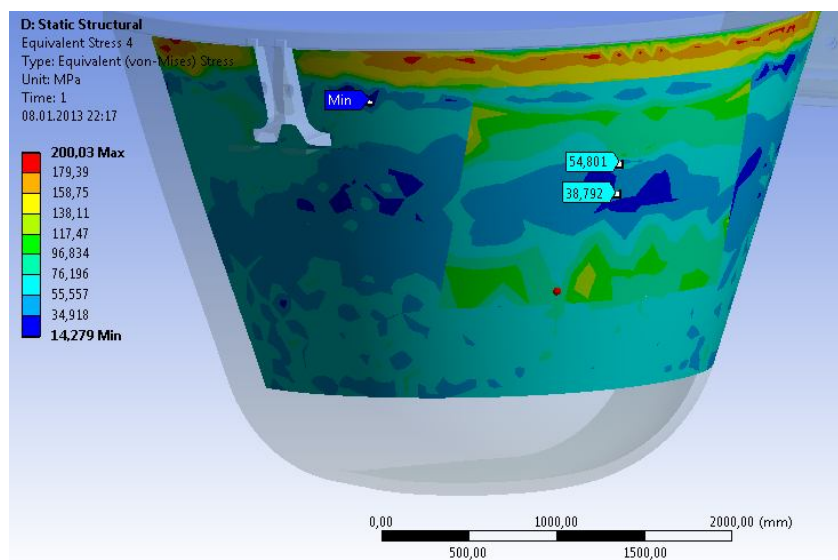


Рис. 3 – Эквивалентные напряжения в стенке чаши с дополнительным легированием корпуса

### Выводы

1. Картина распределения напряжений в чаше шлаковоза во время эксплуатации зависит от температурного поля в ее корпусе.
2. В области опорного кольца чаши эквивалентные напряжения могут иметь значения в несколько раз выше, чем в других участках её корпуса. Данная область является потенциально опасной с точки зрения потери конструкцией прочностных свойств.
3. Легирование всей чаши, как отливки - нерациональный способ увеличения ее прочности. В случае локально легирования участков стального корпуса с минимальным расходом легирующих элементов, могут быть уменьшены максимальные эквивалентные напряжения в стенке чаши 1,5-1,6 раза.
4. Результаты сравнительного анализа стандартной модели и локально-легированной показывают, что напряжения в корпусе дополнительно легированной чаши распределяются более равномерно. Это может обеспечить повышение стойкости чаши как конструкции в условиях высокотемпературного нагружения.

**Список использованных источников:**

1. Тимошенко С.П. Теория упругости / С.П. Тимошенко. – ОНТИ. : Изд.2.– 1937. – 452 с.
2. Янковский М.И. Температурные напряжения в цилиндрической изложнице / М.И. Янковский // Сталь. – 1950. – №1. – С. 66-71.
3. Филиппов А.С. Обмен опытом по производству и эксплуатации изложниц / А.С. Филиппов, В.А. Горещкий. – М. : ГОСИНТИ. – 1959. – 256 с.
4. Черноиванов В.И. Восстановление деталей машин / В.И. Черноиванов. – М. : ГОСНИТИ. – 2003. – 488 с.
5. Повышение стойкости шлаковозных чаш : отчет о НИР (госбюджет) : 07–02 / Ждановский металлургический институт; рук. Распопов И.В.; исполн. : Красовицкий В.С. – Жданов. – 1956. – 43 с.
6. Пак К.А. Распределение температуры в стенке доменного шлаковозного ковша / К.А. Пак, А.В. Чаленко // Сталь. – 1956. – №7. – С. 652-653.

**Bibliography:**

1. Timoshenko S.P. The theory of elasticity / S.P. Tymoshenko. – DSTI . : Ed.2. – 1937. – 452c. (Rus.)
2. Jankowski M.I. Thermal stresses in a cylindrical mold / M.I. Yankovsky // Stal. – 1950. – № 1. – С. 66-71. (Rus.)
3. Filippov A.S. Exchange of experience in the production and operation of the mold / A.S. Filippov, V.A. Gorezki. – Moscow: GOSINTI. – 1959. – 256 c. (Rus.)
4. Chernoiivanov V.I. Recovery of machine parts / V.I. Chernoiivanov. – Moscow: GOSNITI.– 2003. – 488 c. (Rus.)
5. Increasing resistance slag-bowls: research report (budget): 07-02 / Zhdanov Metallurgical Institute; head: Raspopov I.V.; executed. : Krasovitsky V.S. – Zhdanov. – 1956. – 43c. (Rus.)
6. Pak K.A. Temperature distribution in the domain wall slag bowl / K.A. Pak, A.V. Chalenko // Stal. – 1956. – № 7. – С. 652-653. (Rus.)

Рецензент: А.Д. Размышляев  
д-р техн. наук, проф. ГВУЗ «ПГТУ»

Статья поступила 21.11.2013

УДК 621.923

© Водзянский В.В.<sup>1</sup>, Барсуков В.А.<sup>2</sup>, Водзянский С.В.<sup>3</sup>

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ РЕМОНТА ДЕТАЛЕЙ  
КРУПНОГАБАРИТНОЙ ЗАПОРНОЙ АРМАТУРЫ**

*Проанализированы способы восстановления деталей крупногабаритной запорной арматуры с целью увеличения их долговечности.*

**Ключевые слова:** запорная арматура, контактные поверхности, прецизионная обработка, доводка, абразивные материалы.

**Водзянський В.В., Барсуков В.А., Водзянський С.В. Дослідження можливості ремонту деталей великогабаритної запірної арматури.** Проаналізовані способи відновлення деталей великогабаритної запірної арматури з метою підвищення їх довговічності.

**Ключові слова:** запірна арматура, контактні поверхні, прецизійна обробка, доводка, абразивні матеріали.

<sup>1</sup> канд. техн. наук, доцент, ГВУЗ «Приазовський державний технічний університет», г. Мариуполь

<sup>2</sup> канд. техн. наук, доцент, ГВУЗ «Приазовський державний технічний університет», г. Мариуполь

<sup>3</sup> магістр, ПАО «Азовобцешаш», г. Мариуполь