



УДК 621.791.04:669

## ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ СВАРНЫХ УЗЛОВ ПЕРЕГРУЖАТЕЛЯ НА ЕГО РАБОТОСПОСОБНОСТЬ

П. А. ГАВРИШ, В. П. ШЕПОТЬКО

Донбасская государственная машиностроительная академия. Украина, 84313, г. Краматорск, ул. Шкадинова, 72.  
E-mail: nauka\_breda@mail.ru

Повышение надежности и безопасности конструкций машин и механизмов, длительно эксплуатируемых в условиях циклического нагружения, приобретает все большую актуальность. На примере сварных узлов перегружателя выполнен анализ конструктивных решений исполнения указанных узлов с учетом нагруженности. Особое внимание уделено вопросам снижения конструктивных концентраторов напряжений сварных узлов. Предложена усовершенствованная конструкция узла диафрагмы главных балок перегружателя, а также форма подготовки кромок токосъемника, обеспечивающая высокое качество сварных соединений, и, следовательно, требуемую долговечность. Библиогр. 8, табл. 1, рис. 8.

*Ключевые слова:* концентраторы напряжений, сварной узел, методика анализа, напряженно-деформированное состояние, конструктивное исполнение сварных узлов

Обеспечение надежной и безопасной эксплуатации конструкций машин, работающих в условиях циклических нагрузок, с каждым годом становится более актуальным, так как физический износ машин на предприятиях значительно опережает темпы технического переоснащения. Основа всех машин и механизмов — металлоконструкция, чаще сварная, поэтому на их дальнейшую эксплуатацию влияют в основном надежность и безопасность эксплуатации. В Украине не каждое предприятие имеет достаточно средств на техническое переоборудование, поэтому своевременное выявление повреждений и модернизация металлоконструкций позволяет уравновесить проблемы старения машин и проблемы надежной и безопасной их эксплуатации [1]. Анализ исполнения изделия проводится после его обследования. Оценка технического состояния является одной из регламентированных процедур, выполняемых с целью проверки уровня надежности (безотказности) и долговечности конструкций, а также определения возможности их использования по назначению на предусмотренных проектом условиях и на прогнозируемый срок эксплуатации [2].

Цель проведения специальных обследований, которые осуществляются, как правило, силами специализированных организаций — получение фактических данных о техническом состоянии конструкций. Применяя методику анализа конструктивного исполнения металлоконструкций, разрабатывают рекомендации по дальнейшей их эксплуатации. Объем и степень детализации об-

следований зависят от наличия технической и эксплуатационной документации, состояния и степени повреждения конструкций и в конечном счете определяют комплекс реконструкционных и ремонтных работ.

Снижение уровня служебных свойств сварных узлов наблюдается при следующих повреждениях конструкции [3]:

- остаточные деформации металлоконструкции;
- местные повреждения элементов;
- разрушение или уменьшение площади поперечного сечения элементов вследствие коррозии;
- разрушение, вспучивание элементов замкнутого сечения или вздутие элементов вследствие замерзания в них воды.

Ремонт и модернизацию сварных узлов металлоконструкций необходимо проводить таким образом, чтобы максимально исключить их конструктивные недостатки.

**Анализ конструктивных недостатков оформления сварных узлов перегружателя и примеры их усовершенствования.** На примере конструктивных особенностей изготовления сварных узлов перегружателя фирмы «ТАКРАФ» исследовано их влияние на долговечность крана [4–6].

Установка продольных ребер жесткости во внутренних отсеках перегружателя повышает момент инерции сечений, снижает размах циклических нагрузок (рис. 1). Но подобное конструктивное исполнение главных балок перегружателя может привести к негативным последствиям при эксплуатации подъемного сооружения, поскольку приварка нижнего продольного ребра жесткости



Рис. 1. Ребра жесткости внутренних отсеков перегружателя вблизи диафрагмы формирует конструктивный концентратор напряжений [2].

На рис. 2 показана конструкция сварного узла перегружателя.

Долговечность его эксплуатации определяют следующие особенности [5, 6]:

- концентрация напряжений возле концов уголков;

- остаточные сварочные напряжения, вызванные нагреванием металла концентрированным источником тепла;

- расположение сварных швов на расстоянии менее 10...20 мм;

- неоднородности геометрической формы, химического состава, механических свойств, микроструктуры;

- повышенная жесткость конструкции в местах сближения сварных швов.

Эксплуатация перегружателя в условиях циклических напряжений приводит к возникновению усталостных и слоистых разрушений. На рис. 2 показаны трещины, выявленные у концов уголков. Ультразвуковое обследование выявило сквозные трещины нижнего пояса. Расчеты напряжений, выполненные методом конечных элементов показали следующие значения напряжений в узлах пролетных балок перегружателя (таблица).

При эксплуатации перегружателя в условиях циклического нагружения возникают повреждения в пролетных балках. Анализ выводов экспертных обследований перегружателей, эксплуатировавшихся на Крымском содовом заводе в течение 30 лет, показал, что трещины локализируются в подрельсовой зоне верхнего пояса, местах передачи силового потока (жесткая или гибкая опора) нижнего пояса, а также в местах соединения ветрового подкоса с нижним поясом (рис. 3). Как правило, повреждения концентрируются в пролетных балках

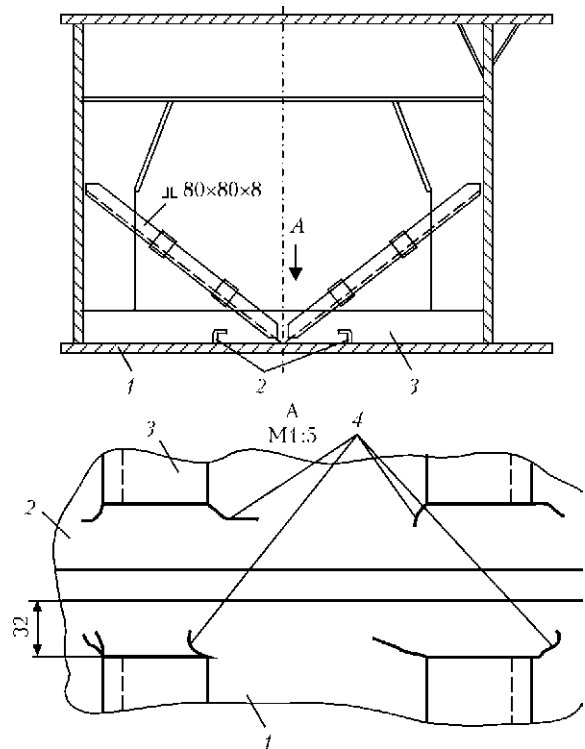


Рис. 2. Схема нижнего сварного пояса пролетных балок перегружателя: 1 — нижний пояс пролетной балки перегружателя; 2 — диафрагма; 3 — уголки жесткости; 4 — трещины

в жесткой и гибкой опорах, в средней части пролета, а для перегружателей с комбинированной системой — в местах присоединения к коробчатым балкам элементов подвески. Появление трещин является следствием недостаточного момента инерции сечения отсеков перегружателя, конструктивных недостатков сварных узлов, некачественной подготовки кромок к сварке, дефектов технологии сварки.

Для экспериментального исследования уровня переменных напряжений при работе перегружателя применялись тензорезисторы, которые были объединены в тензорозетки и установлены в местах наибольших расчетных напряжений.

**Зависимость расчетных напряжений (МПа) в узлах пролетных балок перегружателя от расположения груза**

Расчетные элементы пролетных балок перегружателя	Без груза (собственный вес)	На консоли слева	Посередине пролета	На консоли справа
3-4	127	144	280	133
4-5	160	198	260	155
5-6	250	280	320	250
6-7	170	220	290	190
7-8	170	180	240	180
8-9	190	250	270	200
9-10	130	230	290	142
10-11	250	270	310	260
11-12	190	226	288	210

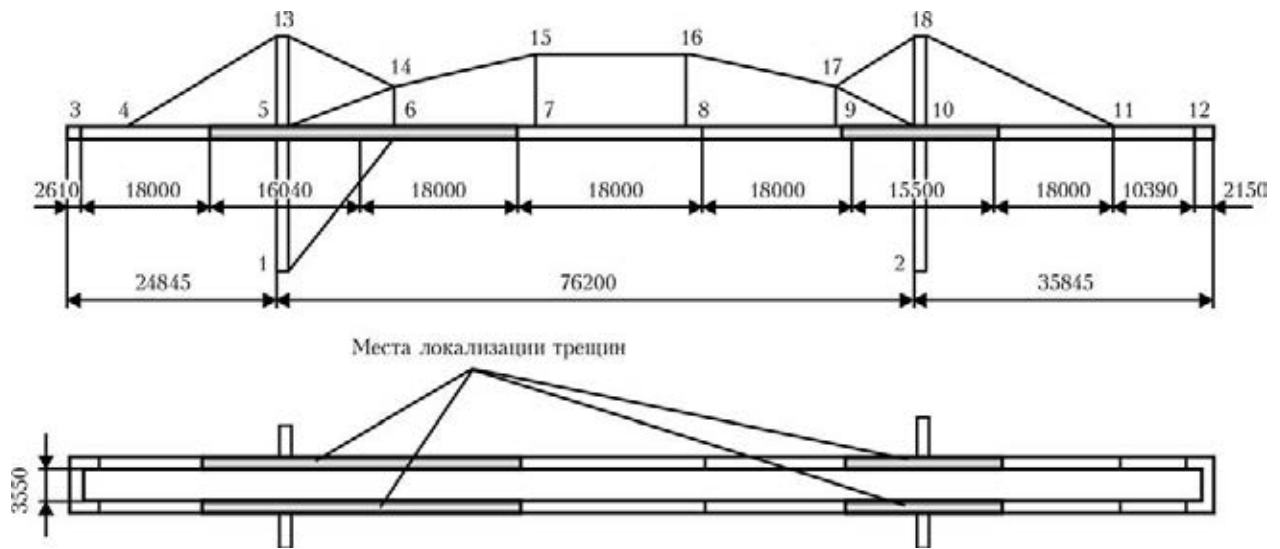


Рис. 3. Места локализации трещин перегружателя

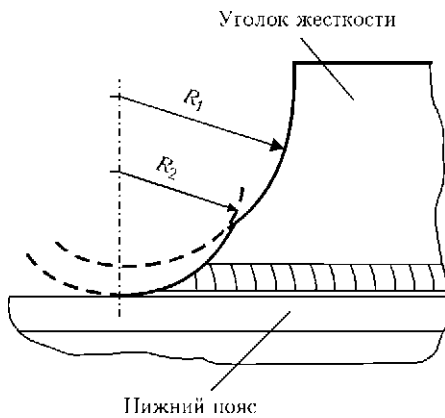


Рис. 4. Измененная конструкция сварного узла уголка жесткости

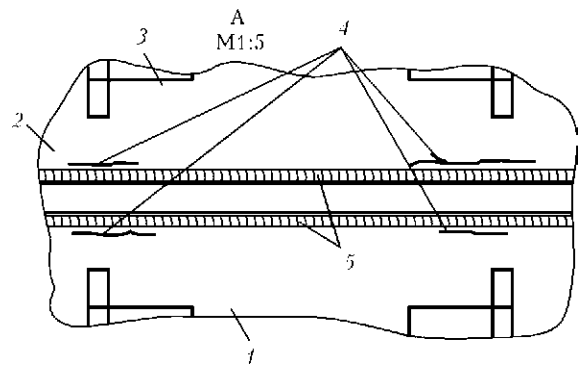


Рис. 5. Трещины в зоне сплавления сварного шва диафрагмы: 1-4 — см. на рис. 2; 5 — сварные швы диафрагмы

В результате обработки данных экспериментальных исследований установлены места возникновения дефектов в верхнем поясе пролетных балок: на гибкой опоре, где растягивающие напряжения изменяются в пределах  $(0,2 \dots 0,7)\sigma_T$  при расположении тележки с грузом на участке разгрузки вагонов (консоль гибкой опоры); на жесткой опоре, где растягивающие напряжения изменяются в пределах  $(0,1 \dots 0,5)\sigma_T$  при расположении тележки с грузом на участке загрузки бункеров (консоль жесткой опоры). Выяснено, что растягивающие напряжения изменяются в пределах  $(0,2 \dots 0,6)\sigma_T$  при передвижении тележки с грузом посередине пролета.

Для снижения вероятности появления трещин в нижнем поясе (диафрагма и уголки жесткости) была изменена конструкция сварного узла уголка жесткости. Концентраторы напряжений устранены путем плавного перехода от основного металла (нижний пояс) до самого уголка (рис. 4).

Плавный переход от основного металла к металлу уголка уменьшил концентрацию напряжений. Такое изменение конструктивных особенностей узла исключило появление трещин у концов

уголков (на протяжении трех лет эксплуатации). Однако трещины появились в зоне сплавления сварного шва диафрагмы (рис. 5), что обусловлено воздействием циклических напряжений на нижний пояс и отсутствием ребра жесткости вблизи диафрагмы. Для устранения этого дефекта был выбран вариант конструктивного оформления сварного узла с продолжением уголков жесткости через отверстия в диафрагме (рис. 6).

После изменения конструкции сварного узла трещины в зоне сплавления сварного шва диафрагмы не возникали.

Показано, что при сварке и наплавке токосъемников перегружателя, установленных вдоль главных балок, прочность соединения меди со сталью недостаточна. Частый выход из строя токосъемников приводил к простоям крана. Форма подготовки кромок при сварке меди и стали была симметричной, что не соответствовало отличительным теплофизическим свойствам меди и стали. Анализ геометрической формы подготовки кромок с учетом физико-химических свойств стали и меди показал, что конструкция подготовки кромок должна быть асимметричной для обеспечения равнопрочности сварного соединения и ка-



Рис. 6. Сварной узел измененной конструкции

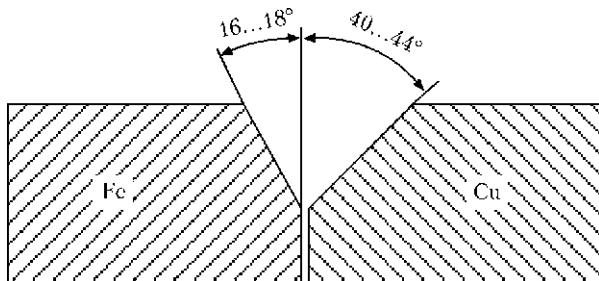


Рис. 7. Схема подготовки кромок деталей токосъемников перегружателя

чественного сварного шва [7, 8]. На рис. 7 приведена схема подготовки кромок деталей токосъемников под сварку.

Сварка деталей токосъемников и их эксплуатация показали целесообразность применения предложенной конструктивной формы подготовки кромок. Рис. 8 иллюстрирует бездефектное сварное соединение меди со сталью.

Предложенная конструктивная форма сварных узлов разнородных металлов существенно повысила качество сварного соединения и его долговечность.



Рис. 8. Бездефектное сварное соединение меди со сталью

## Выводы

1. Расчетные и экспериментальные исследования мест образования повреждений пролетных балок перегружателя и условий их нагружения показали необходимость конструктивного усовершенствования сварных узлов.

2. Предложена усовершенствованная конструкция сварного узла диафрагмы главных балок перегружателя, показавшая высокие эксплуатационные свойства.

3. Предложена новая конструктивная форма подготовки кромок узла сварки разнородных металлов токосъемников перегружателя, обеспечивающая высокое качество сварного соединения и требуемую долговечность.

1. *Методика анализа конструктивного исполнения сварных металлоконструкций* / К.-Г. Гроте, Ю. Е. Постников, Н. А. Макаренко и др. // Тез. докл. Междунар. науч.-техн. конф. «Университетская наука-2012», 2012. — Мариуполь: ПГТУ, 2012. — Т. 2. — С. 303.
2. *Гавриш П. А., Шепотько В. П., Кассов В. Д.* Ушкодження кранових металлоконструкцій. Діагностика. Ремонт: Навч. посібник. — Краматорськ: Донбас. держ. машинобудів. акад., 2012. — 280 с.
3. *Усталостные повреждения сварных крановых конструкций* / О. А. Емельянов, В. П. Шепотько, С. В. Лубенец и др. // Автомат. сварка. — 2004. — № 5. — С. 33–39.
4. *Шепотько В. П., Гавриш П. А.* Анализ конструктивного оформления сварных узлов при ремонте крановых металлоконструкций // Подъемные сооружения и специальная техника. — 2012. — № 4. — С. 10–11.
5. *Шепотько В. П., Гавриш П. А.* Технологичность ремонтной сварки крановых металлоконструкций // Там же. — 2012. — № 5. — С. 12–13.
6. *Die bewertungsmethodik der bauausfuhrung der untergleiszone der haupttrager der verladebrucke* / К.-Г. Grote, J. Postnikov, N. Makarenko et al. // Вісн. Донбас. держ. машинобудів. акад. — 2012. — № 3(28). — С. 110–113.
7. *Gavrish P. A., Tulupov V. I.* Preliminary heating at welding of copper with steel // The 10th Intern. conf. «Research and development in mechanical industry», Donji Milanovac, Serbia, 16-17 Sept., 2010. — Donji Milanovac: RaDMI, 2010. — P. 156–158.
8. *Пат. 75036 Україна, МПК В 23 К 13/00.* Спосіб зварювання різнорідних металів / П. А. Гавриш, В. І. Тулупов. — Заявник та патентовласник Донбаська державна машинобудівна академія. — 201202789; Заявл. 12.03.2012; Надрук. 26.11.2012, Бюл. № 22. — 3 с.

Поступила в редакцию 04.07.2013