

УДК 621.791.85.011:546.56:669

Гавриш П. А., Шепотько В. П., Мартыновская Е. В.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РЕМОНТА ДЕФЕКТНЫХ УЧАСТКОВ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ МАШИН

Увеличение срока безопасной эксплуатации сварных металлоконструкций грузоподъемных машин зависит от конструктивных особенностей сварных узлов. Металлоконструкции главных балок, концевых балок выполняются в настоящее время листового коробчатого типа. По сравнению с металлоконструкциями решетчатого типа (50–70 годов изготовления), металлоконструкция коробчатого типа имеет требуемую жесткость во всех направлениях [1]. Но результаты экспертных обследований кранов свидетельствуют о том, что при внедрении коробчатых конструкций существенного увеличения усталостной прочности не произошло [2]. Естественно, кроме конструктивных особенностей сварных узлов, на усталостную прочность влияют и силовые напряжения в узлах металлоконструкций при взаимодействии кранов с подкрановыми путями [3].

Особенно снижается усталостная прочность металлоконструкций после выполнения некачественного и неквалифицированного ремонта. Наиболее слабым и проблемным местом при ремонте крана являются сварные соединения особенно после ручной дуговой сварки. Сварные швы, будучи концентраторами напряжений, представляют собой прослойки соединения, прочностные свойства которых отличаются от основного металла. Это обстоятельство должно учитываться при проектировании ремонтов [4].

Учитывая тот факт, что все грузоподъемные машины работают в условиях воздействия циклических и динамических нагрузок, возникновение в сварных узлах усталостных трещин возможно на начальной стадии эксплуатации машины. Усталостные трещины и локальное охрупчивание металла в сварных швах могут наблюдаться во всех элементах сварных узлов машин, особенно в тех, где есть приваренные к узлам различные конструктивные элементы и технологические вырезы в них, для пропуска сварных швов [5]. Поломки металлоконструкции вызывают длительные простои оборудования, наносят значительные убытки, а иногда приводят к полной непригодности машины к эксплуатации. В осуществлении ремонтов в условиях действующего производства возникают определенные сложности: ремонтные работы приходится проводить в стесненных, крайне неблагоприятных условиях, с минимальным отпущенным на их реализацию временем.

Решающее значение для повышения надежности металлоконструкций имеет качество сварных соединений, получаемых в ходе ремонта.

Целью работы является разработка технологического процесса сварки металлоконструкций коробчатого сечения, которая позволит уменьшить сварочные деформации и увеличить срок службы грузоподъемных машин.

Деформации, вызванные сваркой во время ремонта, являются одной из главных причин, которые приводят к отклонению конструкторских размеров металлоконструкции после сварки [6]. При охлаждении сварного соединения происходит продольная и поперечная усадка шва, что объясняется уменьшением объема наплавленного металла в процессе кристаллизации. Так как металл шва жестко связан с основным холодным металлом, остающимся в прежнем объеме, то в нем возникают внутренние напряжения, вызывающие деформацию сварных конструкций в поперечном и продольном направлениях.

Для ремонта металлоконструкций коробчатого типа в основном применяют электродуговые способы сварки. Но большое тепловложение при таких видах сварки вызывает значительные деформации и остаточные сварочные напряжения, величина которых зависит от конструкции восстанавливаемого узла [7]. Для контроля остаточных напряжений необходимо установить зависимость влияния геометрических размеров свариваемых деталей на величину поправочного коэффициента при расчёте тепловложения в металл.

Для снижения остаточных деформаций и напряжений во время выполнения ремонтных работ устанавливается определенная последовательность сварки. Для уменьшения величины усадки металла, рекомендуется применение метода наложения сварочных валиков обратноступенчатым методом. Широкое применение обратноступенчатый метод нашел при ремонте крупногабаритных сварных узлов, например секционный ремонт (заварка трещин) или замены частей нижнего или верхнего поясов моста крана, так как длина сварного шва может достигать нескольких метров [8]. При ремонте одной секции могут быть применены различные типы швов (стыковые, нахлесточные или тавровые). Располагаться швы могут, как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскостях. Чтобы обеспечить максимальную прочность сварного соединения с минимальным количеством остаточных напряжений, необходимо определить последовательность работы при сварке.

Ниже приведена последовательность выполнения ремонта трещин в металлоконструкции грузоподъемного крана. Для ремонта применяются различные швы в вертикальных и горизонтальных плоскостях. После обнаружения дефекта трещины в металлоконструкции крана производят ее разделку, которая выполняется механическим способом. Назначаются размеры валиков для основного и корневого шва, исходя из величины зазора свариваемых деталей и толщины листа. В местах с увеличенной шириной разделки необходимо наложить два или три валика. Для обеспечения прочности сварного шва последовательность выполнения валиков рекомендуется выполнять в определенном порядке (рис. 1).

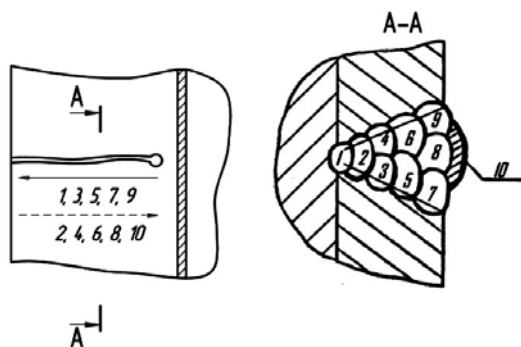


Рис. 1 Последовательность выполнения валиков стыкового шва

В случае невозможности заварки обнаруженного дефекта (например, трещина в горизонтальной или вертикальной плоскости) с двух сторон можно применить остающуюся подкладку с гарантированным проваром подкладки. Остающаяся подкладка обеспечит отвод тепла и уменьшит деформации.

Во время ремонта коробчатых металлоконструкций существует необходимость расположения сварных швов в нижнем положении на вертикальной плоскости и потолочном положении на вертикальной плоскости (рис. 2). Главная задача, стоящая для сварщика при работе с потолочными швами, – это правильное формирования сварочной ванны, которая в дальнейшем влияет на качество шва и в конечном счете на качество ремонта. На качество сварного соединения будет влиять порядок наложения сварочных швов (рис. 3).

Выполнение указанных швов требует высокой классификации сварщика связи с возможным вытеканием расплавленного металла из сварочной ванны под действием сил тяжести. При выполнении сварочных швов в потолочном положении выбирают электрод меньшего диаметра, и режим сварки занижают на 10–15 % по сравнению с режимом, при котором сварка выполнялась бы в нижнем положении. Обмазка электродов, применяемых для потолочных швов, как правило, более тугоплавкая, благодаря чему образовывается «чехол», который поддерживает капли расплавленного металла на конце электрода. Вертикальные швы удобнее сваривать в направлении снизу-вверх, в этом случае предыдущие капли, которые формируют вертикальный сварной шов, будут удерживать новые, еще не застывшие

капли жидкого металла, стремящиеся стечь вниз. Рекомендуется вертикальные швы выполнять электродом диаметром не более 4 мм на немного заниженном токе по сравнению с выполнением швов в нижнем положении, т. к. эти условия приводят к снижению объема расплавленного металла в кратере шва.

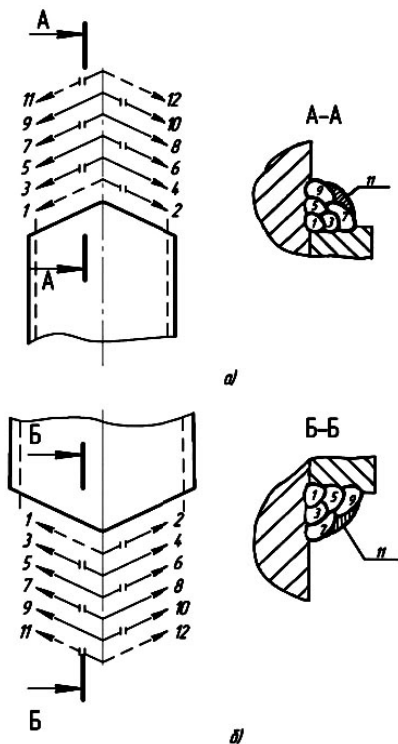


Рис. 2. Выполнение нахлесточного шва: а – в нижнем положении; б – в потолочном

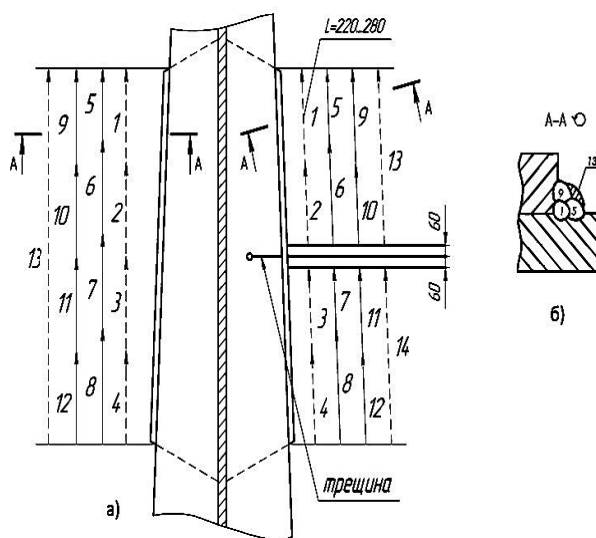


Рис. 3. Выполнение швов Н1-8: а – в области трещины; б – полномерный

Для определения тепловложения в металле, который сваривается, была выполнена экспериментальная работа по анализу тепла при сварке тавровой балки (рис. 4). Опыт проводился с использованием тензодатчиков. Тензодатчики расположены на границе зоны термического влияния, что позволяет более точно определить температуру, силу деформации и напряжения, возникающие в зоне сварки. Места расположения тензодатчиков указаны на (рис. 5).

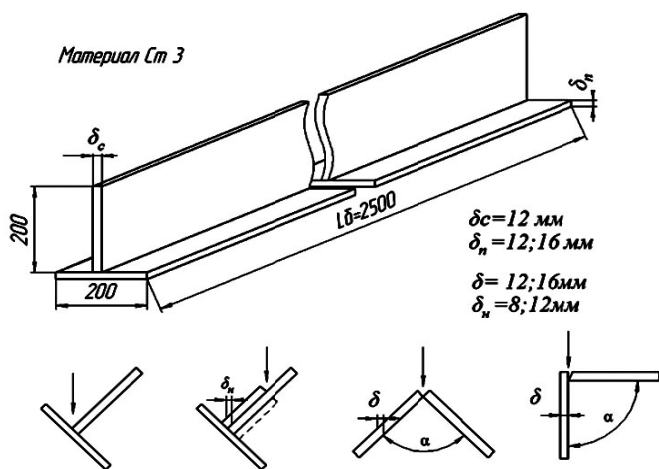


Рис. 4. Типы поперечных сечений балок, исследованных в работе

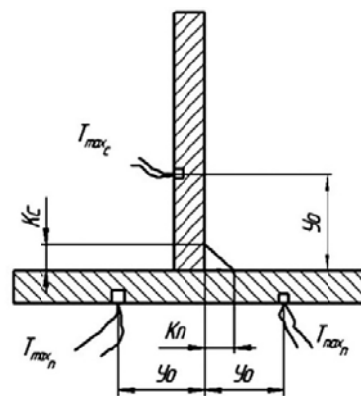


Рис. 5. Установка тензодатчиков

Распределение теплоты в элементах сварных соединений проводилось согласно [9]. Эксперимент выполняется путем определения тепла по схеме быстро движущегося линейного источника. В ходе работы были определены коэффициенты поправки в зависимости от толщины свариваемого металла, которые были учтены при расчете.

При сварке стенки толщиной δ_c с полкой толщиной δ_n в тавровых соединениях доля тепла, отводимая в элементы соединения при симметричном шве и отношении $\delta_c/\delta_{ст} < 1,7$ будет согласно формуле (1, 2):

$$q_{nc} = \left(\frac{q}{v_c} \right)_c = \frac{q}{v_c} \cdot \frac{\delta_c}{2 \cdot \delta_n + \delta_c}, \text{дж} / \text{см} \quad (1)$$

$$q_{nn} = \left(\frac{q}{v_c} \right)_n = \frac{q}{v_c} \cdot \frac{\delta_n}{2 \cdot \delta_n + \delta_c}, \text{дж} / \text{см} \quad (2)$$

где q_{nc} – доля тепла отводимая в стенку, дж/см; v_c – скорость перемещения источника тепла, см/с; q – эффективная тепловая мощность источника нагрева, дж/сек; δ_c – толщина стенки, см; δ_n – толщина полки, см.

В случае $\delta_c/\delta_{ст} > 1,7$ доля тепла определяется по формулам (3, 4):

$$q_{nc} = \left(\frac{q}{v_c} \right)_c = \frac{q}{v_c} \cdot m_c^{сим}, \text{дж} / \text{см} \quad (3)$$

$$q_{nn} = \left(\frac{q}{v_c} \right)_n = \frac{q}{v_c} \cdot (1 - m_c^{сим}), \text{дж} / \text{см} \quad (4)$$

где $m_c^{сим} = 0,270-0,275$ – коэффициент поправки доли тепла в зависимости от отношения $\delta_c/\delta_{ст}$.

Учитывая коэффициент поправки при отношении $\delta_c/\delta_{ст} > 1,7$ q_n определяется:

$$q_{nn} = \left(\frac{q}{v_c} \right)_n = \frac{q}{v_c} \cdot (1 - m_c^{сим}), \text{дж} / \text{см}$$

$$q_{nc} = \left(\frac{q}{v_c} \right)_c = \frac{q}{v_c} \cdot m_c^{сим}, \text{дж} / \text{см}$$

Результаты экспериментальных исследований и полученные расчетные данные представлены в графическом виде на рис. 6.

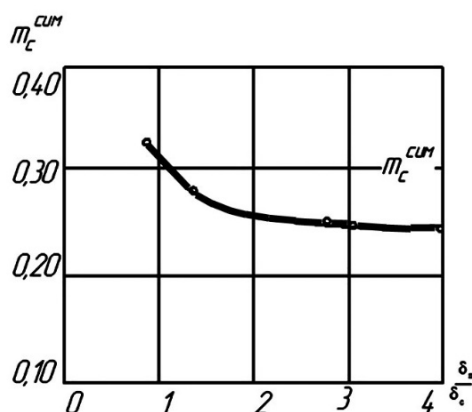


Рис. 6 Распределение тепла дуги между стенкой и полкой тавра при сварке симметричным швом

Из диаграммы распределения тепла дуги между стенкой и полкой при сварке симметричным швом (рис. 6) видно, что при увеличении отношения толщины стенки δ_c и толщины полки δ_n коэффициент поправки доли тепла численно выравнивается и стремится к значению 0,25. Полученное значение поправочного коэффициента является оптимальным для расчетов, где отношения толщины свариваемых деталей больше 2,75.

ВЫВОДЫ

Экспериментально подтверждено, что при увеличении тепловложения в металл, соответственно, повышаются остаточные сварочные напряжения и деформации сварочного металла.

Установлено, что рациональные конструктивные изменения деталей под сварку, а именно: изменение величины разделки кромок угла не более 45° уменьшает тепловложения и остаточные напряжения в зоне сварки.

Экспериментально установлен поправочный коэффициент доли тепла при расчете тепловложения в металл. Определена зависимость поправочного коэффициента от несимметричных размеров соединения.

В дальнейшем по исследованию снижения послесварочных дефектов целесообразно выполнить математическое моделирование с различными тепловложениями в свариваемый металл.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Емельянов О. А. Основные факторы, снижающие долговечность сварных конструкций машин / О. А. Емельянов, В. П. Шепотько, В. И. Ярков // Горные машины и автоматика. – М., 2005. – № 1. – С. 13–15.
2. Шепотько В. П. Методологические основы повышения долговечности сварных металлоконструкций / В. П. Шепотько, П. А. Гавриш // Вісник Донбаської державної машинобудівної академії: збірник наукових праць. – Краматорськ: ДДМА, 2011. – № 4 (25). – С. 245. ISSN 1993-8322.
3. Гавриш П. А. Усталостные повреждения крановых металлоконструкций / П. А. Гавриш, В. П. Шепотько, Е. В. Мартыновская // Вісник Донбаської державної машинобудівної академії: збірник наукових праць. – Краматорськ: ДДМА, 2013. – № 1 (30). – С. 38–41. ISSN 1993-8322.
4. Тотальный контроль ремонтно-монтажных работ крупногабаритной металлоконструкции / Е. В. Пояркова, И. Р. Кузеев, А. М. Авдонин, В. И. Полухина, Л. С. Диньмухаметова // Вестник Тамбовского государственного университета. – Тамбов, 2013. – № 4 (том 18). – С. 1856.
5. Шепотько В. П. Совершенствование технологии ремонта пролетных балок рудно-грейферных перегружателей / В. П. Шепотько, П. А. Гавриш // Вісник Донбаської державної машинобудівної академії: збірник наукових праць. – Краматорськ: ДДМА, 2011. – № 1 (22). – С. 143. ISSN 1993-8322.
6. Сагиров Ю. Г. Прочностной анализ металлоконструкций грузоподъемных кранов с использованием Solid Works / Ю. Г. Сагиров // Вісник Приазовського державного університету. – Маріуполь, 2013. – Випуск 26 Серія: технічні науки. – С. 194.
7. Авдонин А. М. Прогнозирование величин деформаций и напряжений, возникающих при ремонте металлоконструкций сваркой / А. М. Авдонин, Е. В. Пояркова // Вестник Тамбовского государственного университета. – Тамбов, 2013. – № 4 (том 18). – С. 1585.
8. Гавриш П. А. Точность изготовления сварных конструкций: учебное пособие для студентов специальностей 7.092301 «Технология и оборудование сварки» / П. А. Гавриш, В. Д. Кассов. – Краматорск: ДГМА, 2007. – 128 с. ISBN 966-379-132-6.
9. Николаев Г. А. Расчет, проектирование и изготовление сварочных конструкций / Г. А. Николаев, С. А. Куркин, В. А. Винокуров. – Учебное пособие для машиностроительных вузов. – М., «Высшая школа» 1971. – 760 с. с илл.