

УДК 621.791

Постников Ю. Е., Макаренко Н. А., Шепотько В. П., Лубенец С. В.

**РАЗРАБОТКА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО СПОСОБА РЕМОНТНОЙ СВАРКИ**

Лаборатория технической диагностики ДГМА более 30 лет проводит исследования эксплуатационной надежности крановых конструкций. Комплекс экспериментов выполнен на эксплуатируемых объектах и натурных стендах. Соответствующие способы и устройства защищены авторскими свидетельствами и патентами. Проведен анализ технического состояния кранов всех типов на различных предприятиях СССР, а позднее – СНГ. Как правило, работоспособность этих машин зависит от состояния их металлоконструкций. Большинство усталостных повреждений формируются в узлах, имеющих нерациональное конструктивное исполнение [1].

Примеры характерных конструктивных концентраторов представлены на рис. 1 и 2. Совместные деформации элементов с различной жесткостью, входящих в такие узлы или конструкции вызывают в этих элементах вторичные напряжения.

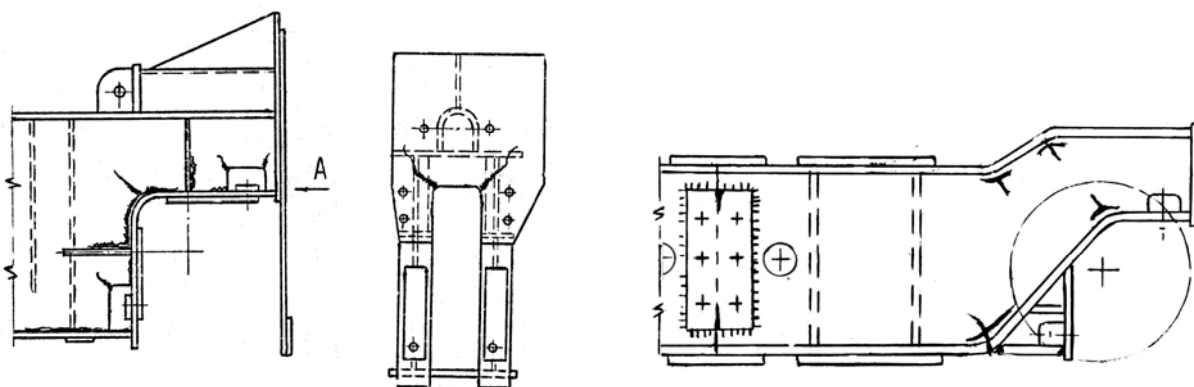


Рис. 1. Усталостные трещины в «жестких точках» конечных балок

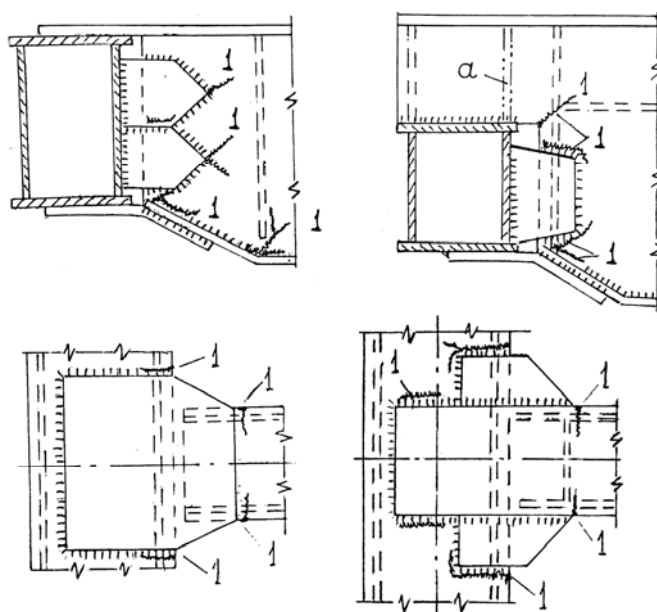


Рис. 2. Конструктивные концентраторы, образованные приваркой различных элементов и технологическими вырезами (1 – усталостные трещины)

Нераціональні узли, в яких силовий потік не рівномірно розподілений по всьому сеченню елементів, а концентрується в «жестких точках» з'єднання – см. рис. 1.

В листових конструкціях руйнування можуть виникати в місцях сочленення силових і технологічних елементів – см. рис. 2.

Установка підтележечних рельсів може викликати пошкодження в поясах головних балок: під подошвою рельсів; по торцях рельсів при незаварених стыках або відсутності з'єднательних накладок; в місцях приварки елементів, прикріплюючих рельси к поясу; в місцях опирання рельсів на випуклість стыкових швів листів пояса.

Неудачне конструктивне оформлення не тільки металоконструкції, но і узлів механізмів може суттєво знизити експлуатаційну надійність крана в цілому. Характерний приклад – вузол канатного барабана механізму головного підйому (100 т) литийого крана XSDZ 100 (A) (рис. 3).

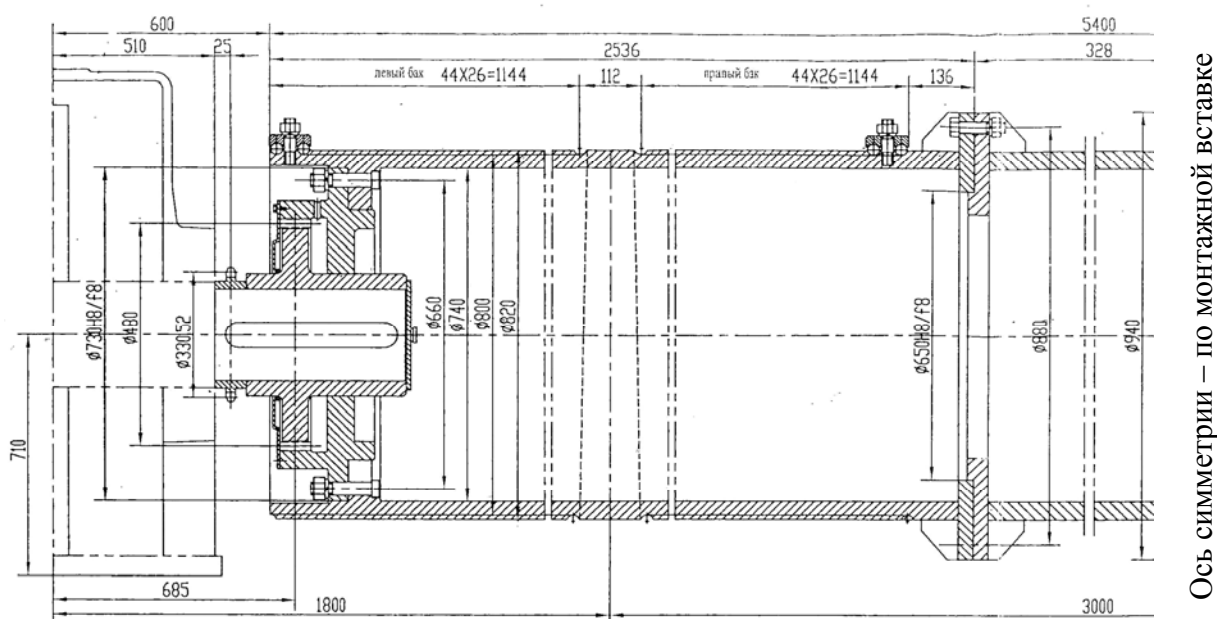


Рис. 3. Конструктивне оформлення головного барабана литийого крана XSDZ 100 (A)

Основні критерії конструктивного оформлення барабана не задовольняють потребностям експлуатації.

1. Работоспособность. Нет компенсаторов несоосности выходных валов редукторов. Работоспособность обеспечивается только за счет деформации элементов узла барабана. Следствие – разрушение соединений зубчатой обоймы с обечайкой.

2. Прочность. Соединительные болты фланцев монтажной вставки не обеспечивают восприятие номинального изгибающего момента. Следствие – частое разрушение соединительных болтов.

3. Ремонтопригодность. Нет доступа к крепежу зубчатой обоймы с обечайкой барабана. После разрушения этого крепежа выполнить оперативный ремонт практически невозможно. Разборка и демонтаж составных частей установки барабана – сложны и трудоемки.

Таким образом, большинство повреждений машин, эксплуатируемых в паспортном режиме, вызвано нерациональным конструктивным оформлением их узлов. Дальнейшая работоспособность может быть обеспечена только своевременным и качественно выполненным ремонтом [2, 3].

С целью улучшения технологичности и снижения негативных последствий ремонтной сварки в условиях эксплуатации разработан способ и оборудование для его осуществления,

позволяющие при ручной дуговой сварке [4] увеличить глубину проплавления основного металла и уменьшить ширину сварного шва. Положительный эффект достигается за счет снижения массы наплавленного металла, что приводит к снижению трудозатрат, расхода электродов и электроэнергии, к уменьшению тепловложения в основной металл и снижению в нем остаточных напряжений.

Уменьшение ширины шва с одновременным увеличением глубины проплавления основного металла позволяет уменьшить размеры разделки кромок под сварку, а в ряде случаев – вести сварку без разделки кромок (по зазору между свариваемыми частями).

Увеличение глубины проплавления основного металла достигается за счет сжатия (контракции) сварочной дуги, что ведет к повышению температуры столба дуги за счет увеличения плотности тока в ней. Контракция дуги может быть достигнута путем обжатия ее в медном водоохлаждаемом сопле при плазменных процессах резки, сварки, наплавки [5–7], а также при введении в зону горения дуги ряда веществ, содержащих галогенные соединения [8] (галогены, входящие в состав данных веществ, имея большое сродство к электрону, снижают электропроводность плазмы дуги за счет образования отрицательных ионов). Обжатие дуги соплом при ручной дуговой сварке неприемлемо, т. к. это приведет к громоздкости конструкции горелки и возникновению других технических проблем.

Цель разработки: определение условий возможного контрагирования сварочной дуги, достигнутого электрическим путем, без введения в зону горения дуги веществ, способствующих контракции.

Известно [9, 10], что при высоких скоростях изменения тока дуги изменение ее диаметра, динамического сопротивления происходят с запаздыванием от величины изменения тока, чем и обусловлены динамические характеристики дуги. При этом известно, что время запаздывания зависит от ряда факторов, таких как величина тока дуги, состав атмосферы дуги, материалов электродов, а также скорости изменения тока дуги [11].

На основе силовых транзисторов, рассчитанных на токи в сотни ампер, разработан источник питания, обеспечивающий реализацию данного принципа контракции дуги (рис. 4).

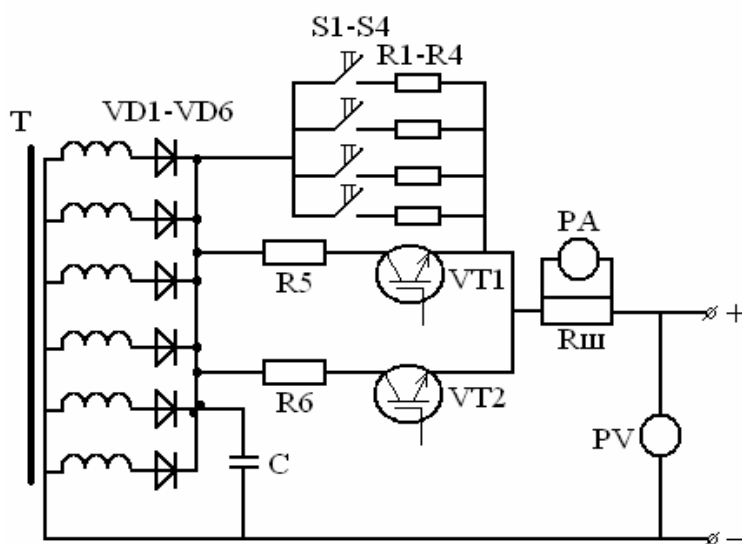


Рис. 4. Принципиальная электрическая схема специализированного сварочного источника питания:

T1 – силовой трансформатор; VD1-VD6 – диоды D4; S1-S4 – переключатели тока дуги пауз; R1-R4 – балластные резисторы; C – конденсаторная батарея; R5 – токоограничивающий резистор стартовой дуги; R6 – токоограничивающий резистор; VT1, VT2 – силовые транзисторы; Rш – шунт; PA – амперметр; PV – вольтметр

Источник питания создан на базе силового трансформатора сварочного выпрямителя ВДУ 506. Из схемы исключен уравнивающий реактор, представляющий собой катушку индуктивности, снижающую значение  $dl/dt$ . В качестве диодов применены диоды серии D4, имеющие высокие значения  $dl/dt$ . Все балластные резисторы – малоиндукционные (намотаны фехральной проволокой «змейкой»). Для снижения собственной индуктивности резисторов плотность тока в них принята  $15\text{А}/\text{мм}^2$ , что позволило значительно уменьшить длину проволоки, а следовательно, и индуктивность резисторов. Принудительное охлаждение резисторов выполнено с помощью вентилятора. Для обеспечения высоких значений  $dl/dt$  служит конденсаторная батарея С, позволяющая компенсировать индуктивные сопротивления обмоток силового трансформатора в момент включения силового транзистора VT2. Резистор R6 – токоограничивающий (он обеспечивает предохранение транзистора VT2 от перегрузок в момент коротких замыканий электрода на изделие). В качестве транзисторов VT1 и VT2 использованы силовые IGBT транзисторы. Транзистор VT1 обеспечивает как формирование импульсов тока, так и начало процесса сварки (при начале процесса сварки транзистор VT1 все время открыт и возбуждение дуги происходит на токе, определяемом величиной токоограничивающего резистора R5 (около 120А)). Через 2 с после начала процесса транзистор VT1 переключается на ключевой режим, одновременно включается транзистор VT2, при этом выходной ток источника питания представляет собой последовательность импульсов малой длительности (с амплитудой, определяемой токоограничивающими резисторами R5 и R6). В паузах между импульсами ток определяется величиной включенных балластных резисторов R1–R4.

Силовые транзисторы позволяют формировать импульсы тока (длительностью, начиная с  $1 \cdot 10^{-4}$  с при амплитуде импульса до 700 А). В данном случае сварочная дуга во время прохождения тока импульса находится в пределах динамических характеристик. Как показали исследования, применение разработанного источника питания для ручной дуговой сварки, обеспечивающего протекание сварочного тока в виде коротких импульсов (по форме, близкой к прямоугольной, с крутыми передними и задними фронтами) по величине, достаточной для поддержания горения дуги в паузах между импульсами, обеспечивает увеличение глубины проплавления основного металла, а именно: длительность паузы, необходимая для возврата дуги в исходное состояние, определяемое горением дуги на токах паузы 32 А (при амплитуде импульса около 580 А и длительности  $1,6 \cdot 10^{-3}$  с), должна составлять  $3,7 \cdot 10^{-3}$  с. Это время необходимо для снижения в дуге количества свободных носителей заряда, соответствующих току импульса. На рис. 5 представлен график изменения тока при микроимпульсном режиме сварки.

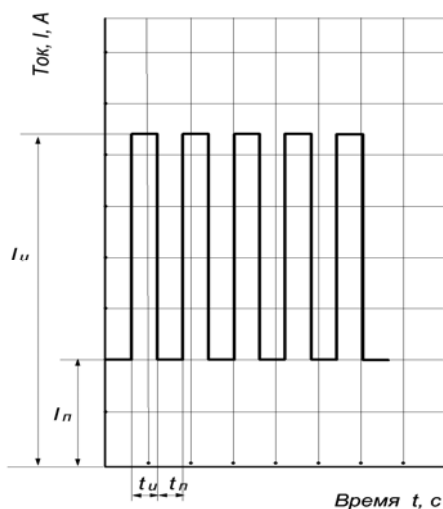


Рис. 5. График изменения тока при микроимпульсном режиме сварки

Эксперименты проводились с использованием электродов УОНИ-13/45 (диаметром 4 мм) при среднем токе сварки 160 А и напряжением на дуге 32 В.

Установлено, что при соответствующем подборе режимов сварки (а именно: длительности импульсов и пауз, величин токов импульсов и пауз) можно увеличить глубину проплавления основного металла на 20–30 % при уменьшении ширины сварного шва на 15–20 %.

Целесообразное направление дальнейших исследований – усовершенствование разработанного способа сварки и оборудования для его осуществления, направленное на оптимизацию режимов сварки, установление зависимостей между параметрами режима сварки и коэффициентами расплавления основного металла, определение влияния параметров режима сварки на форму и микроструктуру швов, для снижения концентрации напряжений в сварных швах и зоне термического влияния.

## ВЫВОДЫ

Способ улучшения технологичности и снижения негативных последствий ремонтной сварки методом контракции сварочной дуги позволяет при ручной дуговой сварке в условиях эксплуатации увеличить глубину проплавления основного металла и снизить ширину сварного шва.

Применение источника питания для ручной дуговой сварки, обеспечивающего протекание сварочного тока в виде коротких импульсов (по форм – близкой к прямоугольной, с крутыми передними и задними фронтами, по величине – достаточной для поддержания горения дуги в паузах между импульсами), обеспечивает увеличение глубины проплавления основного металла и, соответственно, повышает производительность процесса сварки.

Контракция дуги при ручной дуговой сварке возможна за счет изменения электрических параметров ее горения.

Источник питания, рассчитанный для сварки в режиме коротких импульсов тока, должен обеспечивать высокие значения  $dl/dt$ .

## ЛИТЕРАТУРА

1. Емельянов О. А. Усталостные повреждения сварных крановых мостов / О. А. Емельянов и др. // Автоматическая сварка. – 2004. – № 5. – С. 33–39.
2. Шепотько В. П. Ремонт выполнен... Согласно чему? / В. П. Шепотько // Подъемные сооружения и специальная техника. – Одесса : Нац. техн. ассоциация. – 2004. – № 7. – С. 19.
3. Емельянов О. А. Ремонт крановых металлоконструкций. Подготовка технических решений / О. А. Емельянов, В. П. Шепотько // Подъемные сооружения и специальная техника. – Одесса : Нац. техн. ассоциация. – 2004. – № 9. – С. 22.
4. Жизняков С. Н. Ручная дуговая сварка / С. Н. Жизняков, З. А. Сидлин. – К. : Экотехнология, 2006. – 360 с.
5. Быховский Д. Г. Плазменная резка / Д. Г. Быховский. – Л. : Машиностроение, 1972. – 167 с.
6. Петров А. В. Плазменная сварка / А. В. Петров // Итоги науки и техники. Сварка. – ВИНТИ АН СССР, 1980. – Т. 12. – С. 53–109.
7. Гладкий Е. Ф. Плазменная наплавка / П. В. Гладкий, Е. Ф. Переплетчиков, И. А. Рябцев. – К. : Экотехнология, 2007. – 292 с.
8. Контракция дуги флюсом при сварке вольфрамовым электродом в аргоне / Б. Е. Патон, В. Н. Замков, В. П. Прилуцкий, П. В. Порицкий // Автоматическая сварка. – 2000. – № 1. – С. 3–9.
9. Вагнер Ф. А. Оборудование и способы сварки пульсирующей дугой / Ф. А. Вагнер. – М. : Энергия, 1980. – 120 с.
10. Ленивкин В. А. Технологические свойства сварочной дуги в защитных газах / В. А. Ленивкин, Н. Г. Дюргеров, Х. Н. Сигаров. – М. : Машиностроение, 1989. – 264 с.
11. Лесков Г. И. Электрическая сварочная дуга / Г. И. Лесков. – М. : Машиностроение, 1970. – 335 с.