

ВОССТАНОВЛЕНИЕ СВАРКОЙ ЦЕЛЬНОЛИТЫХ УЗЛОВ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

*В.Д. Позняков, Ю.В. Демченко
Институт электросварки им. Е. О. Патона*

В настоящее время в Украине и других странах СНГ эксплуатируется большое количество инженерных сооружений и машин, которые исчерпали назначенный срок службы или близки к этому состоянию. Большинство из таких конструкций имеют усталостные и хрупкие повреждения. Учитывая их техническое состояние, дальнейшая эксплуатация изделий становится небезопасной.

В зарубежных источниках технической информации отмечается, что похожая проблема существует и в ряде экономически развитых странах.

Несмотря на то, что у многих конструкций превышен срок эксплуатации, новыми они практически не заменяются. Основная причина – огромные затраты на их покупку и установку. Кроме этого, во время замены старых конструкций на новые, те и другие не будут функционировать, что приводит к существенным убыткам. Поэтому в настоящее время тенденция сводится к максимальному продлению срока их эксплуатации.

Наиболее простым, но в тоже время и сложным способом восстановления металлоконструкций является сварка. Ее простота заключается в том, что сварку можно производить непосредственно на месте работы конструкции в короткие сроки (в большинстве случаев она не требует выполнения работ по демонтажу и монтажу оборудования) и при относительно небольших материальных затратах. Сложность же таких работ состоит в том, что при ремонте приходится сваривать металл, который в процессе эксплуатации изменил свои свойства и накопил макро- и микроповреждения.

В последние годы сотрудники Института электросварки им. Е. О. Патона все чаще проводят работы направленные на создание сварочных технологий для восстановления машин, механизмов и сооружений, которые эксплуатируются на предприятиях различных отраслей промышленности. Среди них цельнолитые корпусные узлы крупногабаритных конструкций, изготовленные из литого металла, в том числе и с повышенным содержанием углерода (более 0,35%).

В большинстве случаев такие конструкции являются уникальными. Вес некоторых из них превышает 100 тонн, а толщина металла – 80 мм. В

качестве примера таких конструкций могут служить большинство узлов дробильного оборудования, эксплуатируемого на горно-обогатительных комбинатах и в карьерах, а также станины гидравлических и механических прессов технологического оборудования и др.

В процессе длительной эксплуатации перечисленных выше конструкций в них образуются трещины. Проведенный нами анализ поврежденных изделий позволил заключить, что их разрушение происходило в результате воздействия на металл статических и динамических нагрузок, которые со временем вызвали локальные изменения состава и свойств литого металла. При этом в металле появились обезуглероженные хрупкие участки с низкими показателями твердости и прочности, которые служили очагами зарождения трещин. Наличие в литом металле характерных для него микро и макро дефектов ускорили этот процесс.

Проведенные нами металлографические исследования позволили выявить ряд особенностей, которые следовало учитывать при разработке технологических процессов ремонтной сварки, направленных на восстановление корпусных деталей и узлов оборудования изготовленного из литого металла:

- повышенное содержание углерода в металле;
- химическую и структурную неоднородность литого металла;
- наличие участков с микро- и макротрещинами;
- наличие участков с абразивным износом.

Повышенное содержание углерода в сталях 25Л и 35Л и большая толщина элементов литых конструкций сами по себе предопределяют значительные трудности при их сварке. Во-первых, пониженная стойкость металла шва против образования кристаллизационных трещин, во-вторых, формирование при охлаждении закалочных структур в металле зоны термического влияния, что в свою очередь может привести к зарождению и развитию холодных трещин в соединении.

Чтобы исключить возможность образования в сварных соединениях сталей с повышенным содержанием углерода перечисленных выше дефектов, обычно их сварку рекомендуется выполнять с предварительным подогревом до 200°С и выше.

Однако, учитывая значительные габариты изделий и толщину металла, из которого они изготовлены, реализовать на практике нагрев конструкции до указанных температур не представлялось возможным. Следовало изыскать иные нестандартные подходы к решению этой проблемы.

Исследования показали, что исключить образование кристаллизационных и холодных трещин в ремонтных сварных соединениях возможно и при более низком подогреве. Для этого необходимо ограничивать содержание углерода в металле шва и снижать уровень остаточных растягивающих напряжений в сварных соединениях.

Проанализировав возможные пути насыщения металла швов углеродом, было решено, что для удаления трещин и разделки кромок следует использовать специализированные электроды, например, АНР-2 диаметром 4,0 мм, разработанные в Институте электросварки им. Е.О. Патона, и (или) подобными им, а сварку выполнять на ограниченных режимах, материалами, обеспечивающими высокую пластичность наплавленного металла. С одной стороны это позволило уменьшить долю участия основного высокоуглеродистого металла в шве, а с другой – снизить уровень остаточных напряжений в свариваемых элементах конструкции.

Весьма эффективным оказалось регулирование сварочных напряжений посредством выбора определенной последовательности заполнения разделки кромок и использования специальных видов обработки швов при сварке. Сочетание этих подходов позволяет снизить общий уровень остаточных сварочных напряжений в соединениях в 2 – 2,5 раза.

По результатам исследований были разработаны технические решения по восстановлению станин дробилок, а также общие подходы к технологии ремонтной сварки. Технологический процесс ремонта включал следующие операции:

- определение методами неразрушающего контроля протяженности и глубины залегания трещин;
- удаление трещин и разделку кромок под сварку;
- контроль качества подготовленных для сварки поверхностей соединяемого металла;
- предварительный подогрев;
- сварку соединений;
- работы по снижению уровня остаточных напряжений в сварных соединениях;
- снятие усиления металла шва с обеспечением плавного его перехода к основному металлу;

- контроль качества наплавленного металла и соединения в целом.

В качестве материалов для восстановления массивных корпусных изделий из сталей 25Л и 35Л, были выбраны электроды основным видом покрытия марок УОНИ-13/45 (Э-46) и УОНИ-13/55 (Э-50). Как показал анализ серийно выпускаемых электродов, они в наибольшей степени подходят для выполнения ремонтных работ, поскольку позволяют обеспечить необходимый комплекс механических свойств сварного соединения. Прочностные показатели металла шва соединений, выполненных указанными материалами, соответствуют аналогичным характеристикам свариваемых сталей, а наплавленный ими металл обладает высокой пластичностью и ударной вязкостью. Сведения о химическом составе и механических свойствах металла, наплавленного электродами УОНИ-13/45 и УОНИ-13/55, приведены соответственно в таблицах 1 и 2.

В соответствии с разработанными техническими решениями и при авторском надзоре специалистов Института электросварки им. Е.О. Патона на предприятиях Украины и России выполнен ремонт ряда уникальных крупногабаритных конструкций. Среди них следует отметить восстановление станины прессы усилием 10000 тс на Нижнеднепровском трубном заводе (г. Днепропетровск), 13 корпусов дробилок крупного, среднего и мелкого дробления на ДОФ ОАО «Карельский окатыш» (г. Костомукша). В настоящее время они эксплуатируются в проектом режиме. Затраты на восстановление указанных изделий не превысила 25% от их первоначальной стоимости. В большинстве случаев при выполнении сварочных работ использовались электроды отечественного производства электроды марок УОНИ-13/45 и 13/55, а также АНР-2 и ОЗР.

Опыт, накопленный при ремонте изделий из литого металла, показал, что комплексный подход к решению технической задачи, включающий оценку состояния металлоконструкции, моделирование технологических процессов, авторский надзор за ходом выполнения работ, к выполнению которых привлекаются высокопрофессиональные специализированные организации, позволяет в короткий срок и с высоким качеством решать проблемы восстановления и продления ресурса уникальных конструкций сложной конфигурации.

Таблица 1

**Химический состав металла, наплавленного электродами
УОНИ-13/45 и УОНИ-13/55 (ГОСТ 9467-75)**

№ п/п	Материал	Содержание легирующих элементов, %				
		C	Mn	Si	S	P
1	УОНИ 13/45	0,08-0,11	0,45-0,80	0,20-0,30	≤0,030	≤0,035
2	УОНИ 13/55	0,08-0,11	0,80-1,20	0,20-0,50	≤0,030	≤0,035

Таблица 2

**Механические свойства сталей 25Л и 35Л (ГОСТ 977-75) и металла,
наплавленного электродами УОНИ-13/45 и УОНИ-13/55 (ГОСТ 9467-75)**

№ п/п	Материал	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ_5 , %	ψ , %	KCU ₊₂₀ , Дж/см ²
1	Сталь 25Л (нормализация 900 ^o C, охлаждение на воздухе), толщина до 100мм	≥240	≥450	≥19	≥30	≥40
2	Сталь 35Л (нормализация 880 ^o C, отпуск 620 ^o C, охлаждение на воздухе), толщина до 200мм	≥280	≥500	≥15	≥20	≥35
3	УОНИ-13/45 по ГОСТ 9467-75	-	≥420	≥22	-	≥140
	Типичные УОНИ-13/45	360	460	26	65	220
4	УОНИ-13/55 по ГОСТ 9467-75	-	≥500	≥16	-	≥60
	Типичные УОНИ-13/55	420	530	24	62	200

УДК 621.733

ПРИМЕНЕНИЕ АЭРОСТАТОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СРЕДСТВ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ И МОНИТОРИНГА И ДРУГИХ ЦЕЛЕЙ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

И.В. Борушко

Рассмотрено применение привязных аэростатов и дирижаблей с целью повышения эффективности средств телекоммуникаций и мониторинга и широкого использования данных летательных аппаратов во всех отраслях народного хозяйства.

Привязные аэростаты (ПА) представляют собой платформы-носители радиолокационных станций дальнего обнаружения [14]. Круглосуточное радиолокационное наблюдение осуществляется на высоте около 3000 м в течение 25 дней без посадки аэростата. Кроме наблюдения, аэростаты могут применяться для коммуникации, а также в других целях. Рабочая высота зависит от веса полезного груза. На борт ПА можно устанавливать существующие РЛ датчики, пассивные РЛС и средства радиоподавления, ИК-датчики и оптоэлектронную аппаратуру, которые по эффективности будут на порядок лучше аналогичных наземных. Объединение нескольких аэростатных систем в единую

локальную радиосеть позволяет в реальном времени получать информацию с огромных площадей (десятки тысяч квадратных километров) и в диапазоне высот от уровня земной поверхности до нескольких километров, производить комплексную обработку, селекцию и передачу этой информации в интересах различных ведомств РФ.

Обладая такими возможностями, дирижабли со смежными модулями (грузовыми, пожарными, строительными, специальными и др.) могут стать универсальным транспортным средством и получить широкое применение в военном деле и в различных областях народного хозяйства.