

## ТЕХНОЛОГИЯ МОКРОЙ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ СВАРКИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ МЛСП «ПРИРАЗЛОМНАЯ»

**В. Я. КОНОНЕНКО**, канд. техн. наук, директор ДП «Экотехнология» (г. Киев)

Рассмотрены особенности применения технологии мокрой механизированной сварки самозащитными порошковыми проволоками при монтаже суперблоков МЛСП «Приразломная».

*Ключевые слова:* мокрая механизированная сварка, самозащитные порошковые проволоки, сварка в сухом кессоне, морская платформа

Закладка морской ледостойкой стационарной платформы (МЛСП) «Приразломная», которую строит Северодвинское ФГУП «ПО «Севмашпредприятие» (заказчик — ЗАО «Росшельф»), состоялась в декабре 1995 г.

13 июля 2002 г. «Севморнефтегаз» и ПО «Севмашпредприятие» заключили договор на изготовление опорного основания платформы. Для удешевления и ускорения строительства «Приразломной» было принято решение нижнюю часть платформы (около 30 % стоимости проекта) построить совместно с российским предприятием, а верхнюю (жилой, буровой комплексы, технологические модули) срезать с выведенной из эксплуатации иностранной платформы. В августе 2003 г. верхняя часть платформы была доставлена в акваторию ПО «Севмашпредприятие». Одновременно с ее приобретением на предприятии изготавливали кессон, представляющий собой сварную конструкцию из хладостойких сталей размерами 126×126×24,3 м и массой около 70 тыс. т, обеспечивающий хранение 700 тыс. баррелей нефти и отгрузку ее на танкеры. На эту конструкцию и установят модернизированную верхнюю часть платформы. Собрать кессон таких размеров на стапелях завода ПО «Севмашпредприятие» сегодня невозможно. Поэтому было принято решение кессон разделить на четыре суперблока, каждый из которых размером 126×31,5×24,2 м. 27 февраля 2004 г. изготовлен второй суперблок кессона (рис. 1) плат-



Рис. 1. Суперблок № 2 и 3 в наливном бассейне

формы «Приразломная», а 28 мая — третий. В наливном бассейне ПО «Севмашпредприятие» сегодня находятся уже три из четырех суперблоков кессона. В 2004 г. фирма ООО «СВП «Интер-Аква», зарегистрированная в России, приступила к реализации проекта по сборке суперблоков [1]. Собрать такую конструкцию на стапелях завода ПО «Севмашпредприятие» сегодня не представляется возможным. Для соединения суперблоков применена известная за рубежом технология (до настоящего времени не применяемая на территории стран СНГ) поэтапной сборки с использованием сухого кессона — устройства для герметизации стыка (УГС). Она заключается в том, что на стапеле при изготовлении каждой секции в ее нижней части монтируется половина удаляемого впоследствии УГС (рис. 2). Соединение двух половинок УГС, изготовленных из стали РСА ГОСТ 5521–93, осуществляется под водой на глубине 8 м с использованием технологии мокрой механизированной сварки самозащитной порошковой проволокой. Сварка осуществляется под надзором Российского Морского Регистра судоходства. К работе были допущены водолазы-сварщики, имеющие квалификацию не ниже 2 класса I-II группы специализации, прошедшие соответствующую подготовку и сдавшие практические экзамены по сварке в вертикальном и потолочном положениях во ФГУП «ПО «Севмашпредприятие».

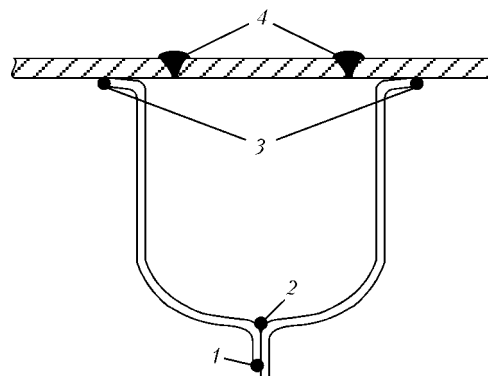


Рис. 2. Принципиальная схема УГС: 1 — трехслойный шов, формируемый под водой с применением механизированной сварки самозащитной порошковой проволокой; 2 — дополнительный шов, выполняемый после осушения УГС электродами УОНИИ-13/45Р; 3 — монтажный угловой шов, выполненный на стапеле при подготовке УГС; 4 — многопроходный стыковой шов, выполняемый в сухих условиях при соединении донной и бортовой части суперблоков кессона



Разработанные ранее в ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины порошковые проволоки марок ППС-АН1, ППС-АН2 и ППС-АН5 не обеспечивают необходимого прогнозируемого уровня качества соединения при сварке под водой швов в потолочном положении. В связи с этим для выполнения работ по созданию опорной части основания применили порошковую проволоку ППС-ЭК1, разработанную фирмой «Экотехнология» (ТУ 14288312.003-97) [2]. После полутора лет работы разработана и согласована соответствующая техническая и технологическая документация, выпущены и испытаны образцы порошковых проволок, проведена подготовка водолазов-сварщиков. Все консультативные услуги в рамках этого проекта, разработка и поставка порошковых проволок, а также обучение специалистов проведено сотрудниками фирмы «Экотехнология».

Работа по соединению двух частей УГС включает сварку в потолочном (126 м) и вертикальном (16 м на секцию) положениях. Все работы выполняются в мокром обогреваемом водолазном снаряжении (температура воды не превышала 4 °С). Подача воздуха для дыхания и горячей воды для отопления снаряжения осуществляется по шланговой связке. При выполнении работ водолазу приходится уходить от места спуска на расстояние до 70 м, транспортируя к рабочей беседке полуавтомат и зачистную машинку. Определенные проблемы возникают из-за большой длины сварочной цепи (200 м). Дополнительное активное сопротивление в сварочном контуре снижает стабильность дугового процесса и повышает чувствительность к возмущениям, связанным с неравномерной подачей в зону сварки порошковой проволоки при волнении [3]. Уменьшить длину сварочной цепи не представляется возможным из-за взаимного расположения суперблоков и обслуживающих судов.

Для выполнения работ используются полуавтоматы для подводной сварки А1660 и ПСП-3



Рис. 3. УГС после осушения

(выпускается в настоящее время в России взамен А1660). Конструкция погружного узла полуавтомата А1660 доработана и обеспечена его нулевая плавучесть (масса стандартного погружного узла полуавтомата под водой более 35 кг вместе с запасом проволоки). Нулевую плавучесть за счет поплавков имеет и сварочный кабель сечением 70 мм<sup>2</sup>, увязанный в общую связку с кабелем цепи управления. В качестве источника питания дуги применяется выпрямитель ВС 300. Зачистка швов под водой осуществляется с помощью гидродинамического инструмента МНС-30, ДП-16 металлическими щетками и абразивными кругами толщиной 3...6 мм.

Технология выполнения работ включает следующие этапы:

зачистку наружной поверхности свариваемых элементов;

установку струбцин и обжатие свариваемых деталей УГС на всю длину конструкции;

прихватку деталей УГС (шов длиной не менее 100 мм) через каждые 200...300 мм;

зачистку прихваток и их визуальный контроль; демонтаж струбцин и 100%-й контроль качества сборки с помощью подводного видео-, телекомплекса с записью на видеоносителях;

сварку корневого шва с зачисткой от шлака и 100%-й контроль качества сварки внешним осмотром на предмет отсутствия недопустимых наружных дефектов с помощью подводного видео-, телекомплекса с записью результатов на видеоносителях;

сварку второго и третьего слоя с зачисткой и 100%-й контроль качества сварки внешним осмотром всего соединения в целом на предмет отсутствия недопустимых наружных дефектов с помощью подводного видео-, телекомплекса с записью результатов на видеоносителях.

Ежедневно перед началом выполнения сварочных работ сварщик осуществляет сварку пробного образца длиной не менее 100 мм. При этом подтверждается правильность настройки режима и оценивается качество формирования металла шва. Раз в неделю сваренные пробы проходят механические испытания на излом по ГОСТ 6996-66. В случае обнаружения дефектов производится их исправление в соответствии с РД 5.1078-76 (Корпусные конструкции металлических судов. Исправление дефектных участков сварных соединений. Основные положения.). Местоположение исправленных дефектов фиксируется в журнале.

В ноябре-декабре 2004 г. осуществлена сборка и сварка УГС между вторым и третьим суперблоками (секциями) (рис. 3). Сварку под водой в вертикальном и потолочном (рис. 4) положениях производили на следующем режиме:  $I_{св} = 110...180$  А;  $U_{д} = 24...29$  В. Потери напряжения в сварочном контуре за счет активного сопротивления не превышали 9 В. Скорость сварки трехпроходного шва в потолочном положении (без учета подготовительно-заключительного времени) составила 8,3 (корневого); 6,8 (второго); 6,25 (третьего шва) м/ч.

Механические свойства металла шва, полученные при использовании партии порошковой про-

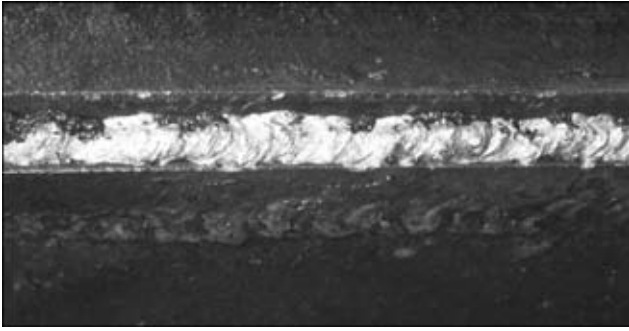


Рис. 4. Внешний вид трехслойного шва, выполненного под водой в потолочном положении

волокни ППС-ЭК1, поставленной для выполнения работы, следующие:

$$\sigma_b = 461,2(448,8... 480,2) \text{ МПа};$$

$$\sigma_t = 373,1(371,3... 375,8) \text{ МПа};$$

$$KCV \text{ при } 20 \text{ }^\circ\text{C} = 75,5 (70,4... 77,7) \text{ Дж/см}^2.$$

Относительное удлинение и относительное сужение не регламентировались.

Массовая доля элементов в наплавленном металле (шестой слой) составила, %: 0,015 С; 0,04 Si; 0,12 Mn; 1,14 Ni; 0,026 S; 0,016 P.

Сварка контрольных стыковых образцов из стали ВСтЗсп толщиной 14 мм и шестислойная наплавка выполнена автором в пресной воде на глубине около 5 м.

Боковые части кессона соединены двухпроходным угловым швом в вертикальном положении, средняя скорость сварки составляла 4 м/ч. Ос-

Information is given on application of the technology of wet mechanized welding with self-shielded flux-cored wires in mounting of superblocks of Prirazlomnaya MLCP.

новные проблемы при сварке возникали при формировании швов в зоне переменного смачивания.

После выполнения подводных швов и проверки их на герметичность кессон был осушен и выполнена сварка с внутренней стороны «в сухих» условиях электродами УОНИИ-13/45Р. Затем специалисты ПО «Севмашпредприятие» приступили к сварке секций суперблоков с использованием стандартных технологий, принятых на предприятии. Толщина соединяемого металла на днище и бортах составляла 32 мм. Сварка второго и третьего суперблоков осуществлена в марте 2005 г. После выполнения сварочных работ и контроля качества полученного соединения УГС (сухой кессон) между вторым и третьим суперблоками был удален с использованием технологии подводной резки экзотермическими электродами.

Соединение первого и второго суперблоков кессона платформы «Приразломная» с применением описанной выше технологии было намечено на июнь, а третьего и четвертого — на август 2005 г. В 2005 г. платформу «Приразломная» планируют отбуксировать к месту установки.

1. Кононенко В. Я. Технологии подводной сварки и резки. — Киев: Экотехнология, 2004. — 135 с.
2. Кононенко В. Я. Современное состояние подводной сварки и резки // Свароч. пр-во. — 1999. — № 5. — С. 37–40.
3. Анализ возможности отработки системой саморегулирования характерных возмущений по длине дуги при подводной механизированной сварке / В. К. Лебедев, Ю. А. Узилевский, И. М. Савич, В. Я. Кононенко / Под ред. А. Е. Асниса. Подводная сварка и резка металлов. — Киев: ИЭС им. Е. О. Патона АН УССР, 1980. — С. 10–23.

Поступила в редакцию 24.02.2005

## ТЕХНОЛОГИЯ СВАРКИ А-TIG СТАЛЕЙ БЕЗ РАЗДЕЛКИ КРОМОК С ВОЗМОЖНЫМ ПРИМЕНЕНИЕМ СПЕЦИАЛЬНОЙ АВТООПРЕССОВКИ

*Предлагаемая технология аргодуговой сварки неплавящимся электродом с применением активирующих флюсов позволяет получать сварные соединения прямолинейных и кольцевых стыков труб со свободным формированием при толщине свариваемых кромок до 10 мм без их разделки. Она обеспечивает повышение производительности сварочных работ и высокое качество соединений сталей по показателям прочности, пластичности и вязкости.*

*Действие активирующего флюса, вводимого в зону сварки, заключается в сжатии дуги, увеличении концентрации нагрева и давления дуги на сварочную ванну, увеличении в 2,5 раза проплавляющей способности дуги и уменьшении ширины шва по сравнению с традиционной сваркой TIG на том же токе.*

*Технология успешно устраняет недостатки формирования ранее выполненного шва без разделки его дефектного участка.*

*Одним из способов получения усиления шва при сварке А-TIG является применение специальной автоопрессовки без использования присадочной проволоки.*

**Предложения по сотрудничеству.** *На контрактной основе разработка технологии сварки и активирующих флюсов в зависимости от применяемой стали и конструкции сварного изделия; поставка активирующего флюса; оказание технической помощи при освоении технологии изготовления и ремонта отдельных изделий и опытно-промышленных партий сварных изделий.*

**Контакты:** 03680, Киев-150, ул. Боженко, 11

Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, отд. № 11

Тел./факс: (38044) 289 17 39

E-mail: savitsky@paton.ua