

Решение проблем подводной механизированной и автоматической дуговой сварки различных металлоконструкций мокрым способом

Владимир Лебедев

Институт электросварки им. Е.О. Патона
ул. Казимира Малевича 11, Киев, 03680
valpaton@ukr.net, orcid.org/0000-0003-0391-6113

Получено 08.06.2019, принято после просмотра 20.09.2021
<https://doi.org/10.32347/uwt2021.11.1401>

Аннотация. Рассмотрен комплекс задач, связанных с полуавтоматической и автоматической подводной мокрой сваркой, касающихся как оборудования, так и способов реализации дугового процесса. Проведен анализ существующих разработок в рассматриваемой области сварки с выявлением наиболее рациональных конструкций полуавтоматов для сварки порошковой электродной проволокой. Полуавтомат с погружным блоком – самая рациональная конструкция, при этом размещённый в блоке механизм подачи имеет собственный дополнительный корпус, заполненный изолирующей-смазывающей жидкостью, в которую погружён приводной электродвигатель. Отмечено, что особенность сварки-наплавки в водной среде является неудовлетворительное формирование соединения на вертикальной плоскости. Представлены наиболее эффективные способы совершенствования полуавтоматов и автоматов, связанные с модулированными процессами и процессами с регулируемой импульсной подачей электродной проволоки. Показано, что в последнее время наиболее эффективным выбором электродвигателя является его вентильная конструкция, при этом возможен механизм подачи в безредукторном варианте. Для реализации цикла работы полуавтомата и выбранного алгоритма подачи электродной проволоки применяется специально разработанная компьютеризованная система управления и регулирования. Даны результаты применения импульсной подачи электродной проволоки на свойства сварных соединений. Определено, что характеристики импульсной подачи (частота, скважность) влияют на



Владимир Лебедев
главный конструктор
ГП ОКБ
д.т.н., проф.

геометрические характеристики шва, а также прочностные свойства, частности пределы текучести и временного сопротивления, что в том числе обусловлено уменьшением неметаллических включений в метале шва и околошовной зоны. Приведены внешние виды наплавленных в водной среде на вертикальную плоскость валиков, при этом очевидно, что формирование при использовании импульсных и модулированных режимов существенно лучше, чем при ведении электродугового процесса с конвенциональной подачей электродной проволоки. Показаны пути дальнейшего совершенствования оборудования для сварки в водной среде мокрым способом. Одним из наиболее перспективных путей повышения технических и технологических возможностей механизированного оборудования для сварки в водной среде является создание и применение систем с комбинированным воздействием на процесс.

Ключевые слова: дуговая сварка в водной среде, мокрый способ, оборудование, способы сварки, применение, перспективы.

Дуговая механізована і автоматическа сварка з застосуванням плавящогося електрода розпространєний спосіб ячесвенного виробничого і економіческі вигідного способу нераз'ємного з'єднання і востановлення різних констукцій деталей і вузлів машин і механізмів.

Дуговая сварка в водній середі механізованими і автоматическими системами і обладнанням – один із видів отмеченого способу сварки, находит все більше розпространення в різних сферах діяльності людини з присущими їй проблемами і різними рішеннями в технічсеской і технологічсеской областях, а також вибором електродних матеріалів [1].

Укажем, що середі способів сварки під водою розпространення отримала ручна дугова мокра сварка з використанням спеціальних електродів, а також спосіб, кога місце проведення робіт локалізують спеціальними пристроями (кессонами) з откачуванням води з місця сварки. В останньому випадку використовується і ручна і механізована сварка з застосуванням звичайних електродних матеріалів.

Заметим, що мокра ручна дугова сварка малопродуктивна і зазвичай не забезпечує потрібного ячесвенства виконаних робіт. Сварка під водою в кессоні вельма затратна і обмежена в застосуванні.

Достатньо давно в ІЕС ім. Е.О. Патона НАН України розроблено спосіб механізованої мокрої підводної сварки з застосуванням погружних пристроїв подачі електродної проволоки. Для реалізації цього способу сварки розроблено ряд технічсеских засвідків – полуавтоматів різних констукцій, на часті із котрих отримано авторські свідецтва [2 – 4], порошкових електродних проволік, технологічсеских прийомів застосування.

Розроблена в інституті електросварки ім. Е.О. Патона порошкова проволока марки ППС-АН1 (діаметр 1,2...2,0 мм) дозволяє забезпечити стабільне горіння дуги і отримання (на низькоуглеродистих і

низьколегізованих констукційних сталях) сварних з'єднаній, рівнопрочних основному металу. Проволока практичсескі не має аналогів і до настоящего часу являється основним електродним матеріалом для полуавтоматів і автоматів, котрі використовуються для мокрої підводної сварки.

Середі запропонованих констукцій погружних пристроїв можна виділити:

- з піддувом повітря в погружний бокс і застосуванням спеціальних накопительних камер з повітрям;
- з розміщенням подаючого вузла в ізолюючсеско-змазуючсеской рідині, а всієї системи подачі в водній середі;
- з розміщенням всієї полуавтомата, включаючи джерело зварочного струму, в погружном агрегаті.

На основі вищевказаних запропонованих в ІЕС ім. Е.О. Патона було розроблено ряд полуавтоматів, в тому числі і тех, котрі випускались серійно ілі невеликими партіями. В їх числі найбільше розпространення отримали полуавтомати А-1660, А-1450, ПШ-141 і ПШ-156.

Отметим, що, согласно [5], в настоящее время в РФ появились полуавтоматы для дуговой сварки мокрым способом, которые практически повторяют разработки ИЭС им. Е.О. Патона 70-х годов прошлого века.

Механізована сварка в водній середі з застосуванням порошкових електродних проволік нашла достатньо широке застосування, приклади котрих викладені в технічсеской літературі [6, 7].

Розвивая це спосіб сварки, було запропоновано інтересні і вельма корисні області його застосування з забезпеченням відповідуючсеских технічсеских засвідків для реалізації механізованої і механізованої сварки мокрою спосібом. Середі них для прикладів наступні:

- сварка підводної часті судів і кораблів на плаву (формування корпусу) [8];
- спеціалізоване механізоване пристрій для сварки під водою труб;
- автоматизована сварка для герметизації складних труб, в тому числі на великій глибині на нафтогазодобуваючсеской

щих объектах и при создании комплексов с тепловыми насосами [9];

- сварка и резка при проведении аварийно-спасательных работ в водной среде;

- автоматизированная сварка на больших глубинах с применением координатно программируемых систем на основе компьютеризированных средств управления и регулирования;

- использование механизированного и автоматического оборудования для утилизационной резки под водой, в том числе и при закрытии использованных нефтяных и газовых скважин.

Всё это оборудование прошло опытно – промышленную проверку, а некоторые из систем используются на промышленных объектах. Часть разработок нуждается в совершенствовании.

Так, например, автомат для приварки заглушек внутри труб, разработанный в ИЭС им. Е.О. Патона успешно работает на глубинах 230 м.

Следует указать, что проблемы с применением механизированных и автоматизированных технологий дуговых способов подводной сварки мокрым способом и оборудования для них действительно существует и в настоящее время. Решались лишь отдельные конкретные задачи, результаты которых в той или иной степени удовлетворяли производителей. Однако, как известно, универсальных решений в данной проблеме, как и в других технико-технологических системах, пока не существует.

Одной из существенных проблем для погружных узлов системы подачи электродной проволоки механизированного оборудования и систем сварочного перемещения автоматического оборудования для мокрой подводной сварки является надёжность работы приводных электродвигателей постоянного тока с коллекторно-щёточным узлом. В разработках ИЭС им. Е.О. Патона эта проблема решена с применением бесколлекторных электродвигателей – шаговых промышленного производства и специальных вентильных электродвигателей, использование кото-

рых с компьютеризованным управлением и регулированием даёт дополнительные преимущества [10].

- малые габариты, массу и инерционность, в том числе из-за отсутствия необходимости применения механических редукторов (подающий ролик непосредственно на валу электродвигателя);

- возможность программирования движения электродной проволоки с достаточно высокой частотой обработки сигнала задания или координатного перемещения сварочного инструмента на плоскости или в пространстве.

Следует обратить особое внимание на конструктивы в которых размещаются узлы погружного блока. В последних конструкциях полуавтоматов для подводной сварки мокрым способом электродвигатель заключен в оболочку из нержавеющей стали с компенсатором давления, а система подающих роликов, выполненная из специальных сталей защищена от обычной коррозии и электроэрозии специальными средствами. Общий корпус сформирован из пластика, который обычно применяется при строительстве корпусов яхт и других маломерных судов.

Одна из последних разработок полуавтомата в прочном пластиковом корпусе безредукторным приводом на основе высокомоментного шагового электродвигателя представлена на Рис.1. Такие полуавтоматы могут эксплуатироваться в пресной и солёной воде на глубинах до 40 м, т.е. тех глубинах, где могут работать водолазы – сварщики. При этом, кроме сварки, применяя специальные электродные проволоки, можно вести эффективную резку металла.

В технике и технологии дуговой сварке основным направлением совершенствования в настоящее время являются использование импульсных алгоритмов функционирования основных активных систем оборудования. В частности, широко используются инверторные источники с импульсным формированием выходных параметров, в том числе и синергетические.



Рис.1. Полуавтомат последнего поколения для подводной сварки мокрым способом с открытой крышкой

Fig. 1. Latest generation semiautomatic underwater wet welding machine with open cover

В последнее время получает развитие способы сварки с модуляцией режимов и выбранными (частично на основе теоретических изысканий с решением задачи управления формированием и кристаллизацией металла шва, частично на основе экспериментальных исследований) частотой и скважностью модулируемых параметров. Такая технология, например, оказывается применимой при подводной дуговой сварке мокрым способом при выполнении вертикальных соединений, выполнение которых представляет определённую сложность, как по формированию шва, так и по качеству металла. На Рис.2 показан пример выполнения наплавки конструкционных сталей в водной среде на вертикальной плоскости порошковой электродной проволокой с параметрами: ток – 170...180 А; напряжение 26...27 В. Модулируется скорость подачи со време-

нами: импульс 0,6 С и пауза 0,4 С. Процесс осуществляется механизмом подачи с любыми типами приводных электродвигателей как коллекторных так бесколлекторных, включая шаговые и вентильные с частотами управления модуляцией 0,2...2,0 Гц.

Применение процесса с модуляцией скорости подачи электродной проволоки позволяет в определённой степени решить задачу сварки на вертикальной плоскости с получением сформированных валиков. Такой процесс, как показывают металлографические исследования, практически не оказывает существенного влияния на структуру металла шва, полученного в водной среде. Это, по нашему мнению, является следствием увеличенной скорости кристаллизации наплавленного металла в водной среде в сравнение со сваркой в атмосферных условиях.



1 2 3



Рис.2. Наплавленые на вертикальную плоскость под водой валики и осциллограммы напряжения U и тока I при наплавке с модуляцией скорости подачи проволоки: 1 – наплавка без модуляции; 2, 3 – валики с модуляцией с разными направлениями ведения процесса

Fig. 2. Rolls welded on a vertical plane under water and oscillograms of voltage U and current I when surfacing with modulated wire feed rate: 1 – surfacing without modulation; 2, 3 – rolls with modulation with different process directions

Исследование процесса подводной сварки мокрым способом с применением источников сварочного тока инверторного типа, имеющих возможность генерировать импульсы тока с управляемыми параметрами, заметных эффектов, насколько нам известно, не дали, в частности по изменению структуры металла шва или валика. Мы считаем, что это обстоятельство можно объяснить особыми скоростными условиями кристаллизации металла шва.

В последнее время, опираясь на исследования в области систем подачи электродной проволоки, а также последних разработок в области электротехники и компьютеризованного управления, рассматриваемых как комплектные мехатронные системы, разрабатывается оборудования для импульсной подачи по определённой программе электрода в полуавтоматах и автоматах для дуговой сварки.

Для механизированной и автоматической сварки разработан и используется безредукторный электропривод на основе серийно выпускаемых шаговых и специально разработанных вентильных электро-

двигателей с компьютеризованной системой управления, позволяющей реализовать практически любой алгоритм движения электродной проволоки. При этом вентильный электропривод последних разработок обеспечивает регулируемую по частоте, скважности и амплитуде импульсную подачу электродной проволоки с максимальными частотами 50...60 Гц.

Указанный электропривод исследовался в составе автоматического и механизированного оборудования при сварке – наплавке в водной среде мокрым способом. Представляет особый интерес получение вертикальных и горизонтальных сварных швов на вертикальной плоскости с достаточными по формированию и качеству наплавленного металла. Применение импульсной подачи электродной проволоки с эффективно выбранными параметрами позволяет решить эту задачу.

При импульсной подаче электродной проволоки с рационально выбранными параметрами реализуется управляемый перенос электродного металла по принципу каждому импульсу подачи соответствуют



Рис.3. Валики, наплавленні в водній середі з використанням імпульсної подачі електродної з різними характеристиками – частота, амплітуда, скважність

Fig. 3. Rollers clad in aqueous medium using pulse electrode feed with different characteristics – frequency, amplitude, duty cycle

перенос капли расплавленного металла определённого размера. Ускорение, которое при импульсном движении придаётся капле способствует точному транспортированию капли в расплавленную ванну,

что весьма эффективно при ведении процесса на вертикальной плоскости. Особенности переноса электродного металла при подводной сварке мокрым способом с применением импульсной подачи требуют отдельного рассмотрения.

На Рис. 3 представлены образцы валиков, наплавленных в водной среде с применением импульсной подачи проволоки с разными характеристиками импульсного движения, но с практически одинаковыми значениями тока, напряжения и скорости ведения процесса. Ток и напряжение дугового процесса 160...170 А; 26...28 В соответственно. Скорость ведения наплавки – 10...12 м/час.

Можно отметить, что формирование валиков существенно более равномерно наполненное, имеющее более регулярный характер. Важным является возможность достаточно интенсивного влияния на параметры валиков: ширину, усиление, глубину проплавления. Характерные микрошлифы некоторых валиков, представленных на Рис. 3, показаны на Рис. 4.

Необходимо отметить, что тенденции изменения геометрических размеров наплавленных валиков соответствуют тем, которые получены при наплавке в обыч-

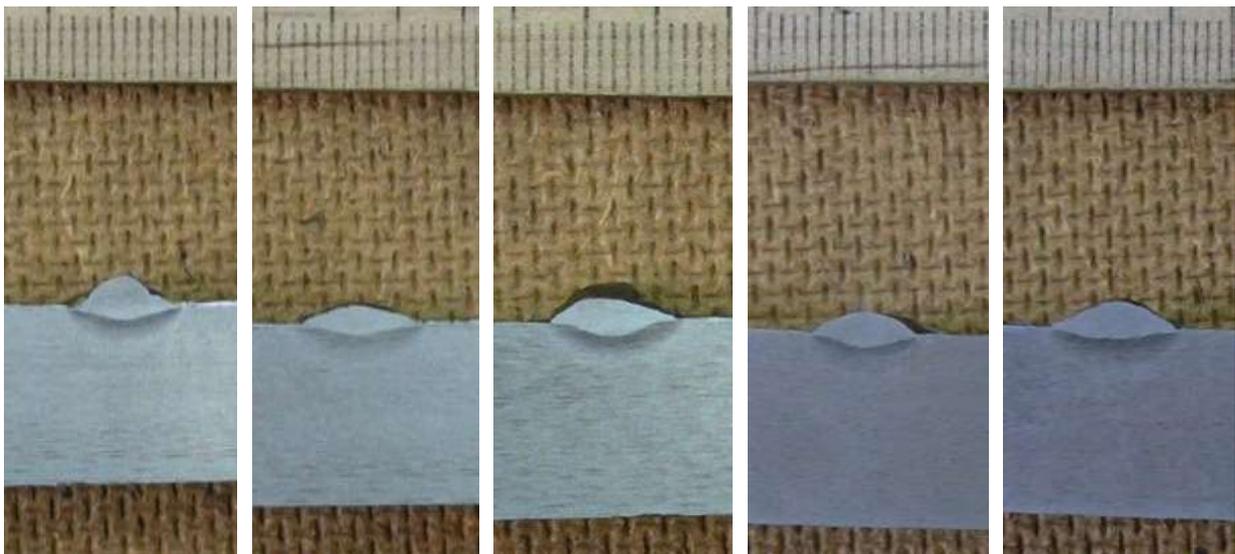


Рис.4. Микрошлифы валиков, наплавленных с использованием управляемых импульсов подачи электродной проволоки

Fig. 4. Microslips of rolls clad using controlled pulses of the electrode wire

ных условиях, хотя и менее выражены, что, в общем, объясняется существенно более высокой скоростью охлаждения жидкой ванны.

Особое внимание уделено качественному анализу наплавленного металла наплавленного в водной среде, который проводился на основании исследований микрошлифов поперечных сечений валиков, прочностных (механических) характеристик, состава металла валика и околошовной зоны. Практически по всем параметрам наплавленные с импульсной подачей электродной проволоки превосходят валики, полученные при использовании конвенциональной подачи с тенденциями улучшения характерными с процессами, получаемыми на открытых пространствах при сварке-наплавке с импульсной подачей порошковой электродной проволоки. Однако есть и отличия. Так, например, объёмная доля неметаллических включений в металле наплавленного валика уменьшается лишь после увеличения частоты импульсов подачи, что можно видеть на графике Рис.5, полученном при экспериментальных исследованиях. Это опять, как нам представляется, связано с особенностями характеристик кристалли-

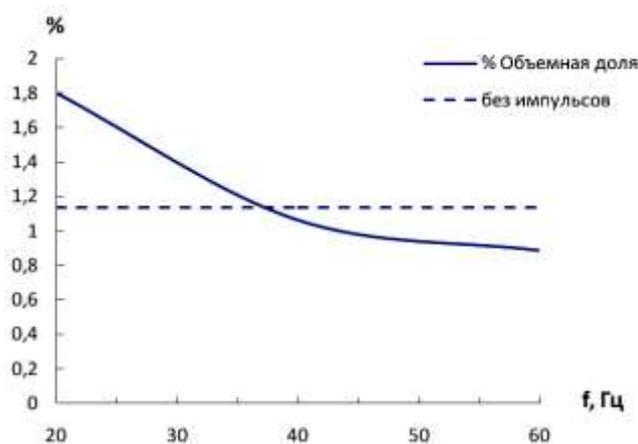


Рис.5. Сравнительные графики наличия неметаллических включений в металле валиков при наплавке с разными способами подачи электродной проволоки

Fig. 5. Comparative graphs of non-metallic inclusions in roll metal when cladding with different ways of feeding electrode wire feeding

зации металла шва и околошовной зоны в водной среде.

Некоторое улучшение механических свойств швов, полученных при сравнительных исследованиях сварки с применением конвенциональной и импульсной подачи электродной проволоки с управляемыми параметрами демонстрируют графики, представленные на Рис.6.

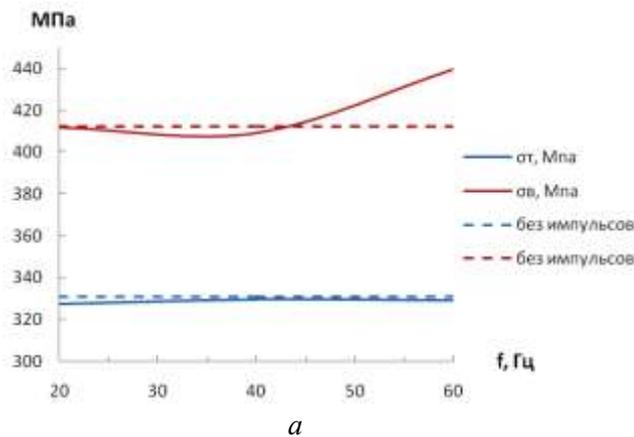
Эти результаты косвенно подтверждают тот факт, что в металле швов или наплавленных в водной среде валиков при использовании импульсной подачи электродной проволоки происходит изменение кристаллической структуры, связанной с некоторой дезориентацией кристаллитов. Этот процесс менее интенсивен, чем это происходит при обычных условиях, что, как уже отмечалось, связано с особыми условиями охлаждения жидкой ванны в воде.

Следует констатировать, что большинство положительных эффектов от импульсной подачи электродной проволоки заметно проявляется при определенном увеличении частоты импульсного движения.

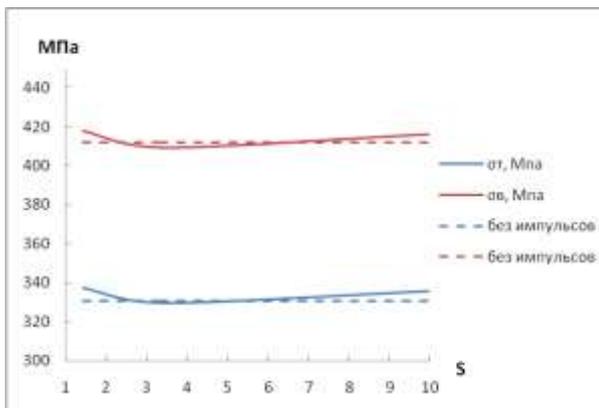
Хорошо известно [11], что качественная сварка с минимизацией деформаций различного типа возможна в случае обеспечения минимальных тепловых вложений в реализацию процесса. Сварка с импульсной подачей электродной проволоки характеризуется пониженными энергозатратами, что в сочетании с интенсивным охлаждением обеспечивает малые деформации свариваемой конструкции, в частности из тонколистовых материалов.

Способы сварки с импульсной подачей электродной проволоки постоянно совершенствуются и развиваются. Часть из них, по нашим убеждениям, основанных на опыте исследовании разработки таких систем, с успехом может быть применима для реализации высокоэффективной сварки в водной среде конструкций с разным пространственным положением.

К числу перспективных способов сварки с импульсной подачей электродной проволоки, применимых в водной среде следует отнести:



a



б

Рис.6. Зависимости между пределами текучести и временного сопротивления от частоты (a) и скважности (б)

Fig. 6. Dependences between yield strength and time resistance on frequency (a) and wellbore (b)

- совместное применение импульсной подачи и модуляции режимов (ток и напряжение сварки как с синхронизацией та и без синхронизации воздействий);
- использование нового способа сварки с дозированной подачей электродной проволоки;
- синхронизированное по определённом алгоритму импульсное воздействие импульсной подачи электродной проволоки и импульсного воздействия источника сварочного тока.

Каждый из указанных способов подводной сварки с применением импульсной подачи электродной проволоки может решить определённый комплекс задач при ведении процесса подводной сварки мок-

рым способом, при этом в большинстве способов может быть применён практически любой тип источника сварочного тока, в том числе самый простой по конструкции и возможностям.

Следует отметить, электроприводы с компьютеризованными вентильными и шаговыми электроприводами применяются для оснащения систем сварочного и установочного перемещения в автоматизированном оборудовании для подводной сварки.

ВЫВОДЫ

1. К настоящему времени разработано несколько разных конструкций полуавтоматов для подводной сварки порошковыми самозащитными электродными проволоками мокрым способом, но наибольшее распространение как общего назначения так и для решения специфических задач получило оборудование с изолированным подающим узлом, полость которого заполнена изолирующей – смазывающей жидкостью.

2. Полуавтоматы и автоматы для подводной сварки постоянно совершенствуются, а основным направлением их совершенствования является применение систем подачи электродной проволоки с управляемыми импульсными параметрами движения, рациональный выбор которых обеспечивает возможной высокоэффективной сварки в нижнем и вертикальном положениях с возможностью регулирования геометрических размеров швов и валиков, получения соединения с улучшенными механическими характеристиками.

3. Сложность применения импульсных технологий при сварке в водной среде мокрым способом как за счёт импульсных алгоритмов функционирования источников сварочного тока, так и вследствие импульсной подачи электродной проволоки заключается в высокой скорости охлаждения сварочной ванны, которая существенно превосходит скорость в обычных условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Борис Патон, Владимир Лебедев, Геннадий Жук, 2017.** Достижения и перспективы разработки механизированного и автоматического оборудования для дуговой подводной сварки мокрым способом. Підводні технології, Вип.06, 28-36.
2. **Патон В.Е., Смолярко В.Б., Бельфор М.Г., Пичак В.Г. и др., 1969.** Авторское свидетельство СССР 256914. Устройство для подводной сварки. Зарегистрировано 03.09.1969.
3. **Патон В.Е., Смолярко В.Б., Бельфор М.Г., Пичак В.Г. и др., 1973.** Авторское свидетельство СССР 382327. Устройство для подводной сварки. Зарегистрировано 21.02.1973.
4. **Патон В.Е., Смолярко В.Б., Бельфор М.Г., Пичак В.Г. и др., 1975.** Авторское свидетельство СССР 492131. Устройство для подводной сварки. Зарегистрировано 22.07.1975.
5. **Левченко А.М., Паршин С.Г., Антипов И.С., 2018.** Отечественная технология, сварочный комплекс и порошковая проволока для механизированной подводной сварки и резки мокрым способом. Мир сварки, Вып. 01, 18-20.
6. **Кононенко В.Я., Рыбченков А.Г., 1994.** Опыт мокрой механизированной сварки самозащитными порошковыми проволоками при ремонте под водой газо- и нефтепроводов. Автоматическая сварка, Вып.09-10, 29-32.
7. **Кононенко В.Я., 2005.** Технология мокрой механизированной сварки при строительстве МЛСП Приразломная. Автоматическая сварка. Вып.09, 37-39.
8. **Савич И.М., Рыбченков А.Г., Паньков В.И., Игнатушенко А.А., Патон В.Е., Смолярко В.Б., Бельфор М.Г., Пичак В.Г., 1976.** Авторское свидетельство СССР 498131 Способ формирования корпуса судна на плаву. Опубликовано 05.01.76, БИ 01.
9. **Vladimir Lebedev, 2016.** Unique automatic arc for deep underwater welding wet process under hard limited. Судостроение, Вып.02, 62-64.
10. **Лебедев В.А., Гулый М В., 2014.** Быстродействующий вентильный электропривод для оборудования механизированной дуговой сварки. Мехатроника. Автоматизация, Управление, Вып.06, 47-51.
11. **Лебедев В.А., Гедрович А.И., Бородина К.В., 2013.** Электродуговая сварка плавлением металлов малой толщины. Сборник тезисов стендовых докладов Международной конференции Сварка и родственные технологии – настоящее и будущее, 25-26.11.2013, 80-81.
12. **Пётр Куликов, Михаил Сукач, 2015.** О готовности Украины к освоению полезных ископаемых Мирового океана. Підводні технології, Вип.02, 3-10.
13. **Sergey Maksimov, Alla Radziewskaya, Liudmyla Nyrkova, Switlana Osadchuk, 2021.** Corrosion resistance of welded joints made by underwater wet welding. Transfer of Innovative Technologies, Vol.4, No.1. 41-46.

REFERENCES

1. **Boris Paton, Vladimir Lebedev, Gennadij ZHuk, 2017.** Dostizheniya i perspektivy razrabotki mekhanizirovannogo i avtomaticheskogo oborudovaniya dlya dugovoj podvodnoj svarki mokrym sposobom. Underwater Technologies, Iss.06, 28-36 (in Russian).
2. **Paton V.E., Smolyarko V.B., Bel'for M.G., Pichak V.G. i dr., 1969.** Avtorskoe svidetel'stvo SSSR 256914. Ustrojstvo dlya podvodnoj svarki. Zaregistrirvano 03.09.1969 (in Russian).
3. **Paton V.E., Smolyarko V.B., Bel'for M.G., Pichak V.G. i dr., 1973.** Avtorskoe svidetel'stvo SSSR 382327. Ustrojstvo dlya podvodnoj svarki. Zaregistrirvano 21.02.1973 (in Russian).
4. **Paton V.E., Smolyarko V.B., Bel'for M.G., Pichak V.G. i dr., 1975.** Avtorskoe svidetel'stvo SSSR 492131. Ustrojstvo dlya podvodnoj svarki. Zaregistrirvano 22.07.1975 (in Russian).
5. **Levchenko A.M., Parshin S.G., Antipov I.S., 2018.** Otechestvennaya tekhnologiya, svarochnyj kompleks i poroshkovaya provoloka dlya mekhanizirovannoj podvodnoj svarki i rezki mokrym sposobom. Mir svarki, Vyp. 01, 18-20 (in Russian).
6. **Kononenko V.YA., Rybchenkov A.G., 1994.** Opyt mokroj mekhanizirovannoj svarki samozashchitnymi poroshkovymi provolokami pri remonte pod vodoj gazo- i nefteprovodov. Avtomaticheskaya svarka, Vyp.09-10, 29-32 (in Russian).
7. **Kononenko V.YA., 2005.** Tekhnologiya mokroj mekhanizirovannoj svarki pri stroitel'stve MLSP Prirazlomnaya. Avto-

- maticheskaya svarka. Vyp.09, 37-39 (in Russian).
8. **Savich I.M., Rybchenkov A.G., Pan'kov V.I., Ignatushenko A.A., Paton V.E., Smolyariko V.B., Bel'for M.G., Pichak V.G., 1976.** Avtorskoe svidetel'stvo SSSR 498131 Sposob formirovaniya korpusa sudna na plavu. Opubl. 05.01.76, BI 01 (in Russian).
 9. **Vladimir Lebedev, 2016.** Unique automatic arc for deep underwater welding wet process under hard limited. Sudochodstvo, Vyp. 02, 62-64 (in Russian).
 10. **Lebedev V.A., Gulyj M V., 2014.** Bystrodejstvuyushchij ventil'nyj elektroprivod dlya oborudovaniya mekhanizirovannoj dugovoj svarki. Mekhatronika. Avtomatizatsiya, Upravlenie, Vyp.06, 47-51 (in Russian).
 11. **Lebedev V.A., Gedrovich A.I., Borodina K.V., 2013.** Elektrodugovaya svarka plavlennim metallov maloj tolshchiny. Sbornik tezisov stendovykh dokladov Mezhdunarodnoj konferencii Svarka i rodstvennye tekhnologii – nastoyashchee i budushchee, 25-26.11.2013, 80-81 (in Russian).
 12. **Pyotr Kulikov, Mykhailo Sukach, 2015.** O gortovnosti Ukrainy k osvoeniyu poleznykh iskopaemykh Mirovogo okeana. Underwater Technologies, Iss.02, 3-10 (in Russian).
 13. **Sergey Maksimov, Alla Radzievskaya, Liudmyla Nyrkova, Switlana Osadchuk, 2021.** Corrosion resistance of welded joints made by underwater wet welding. Transfer of Innovative Technologies. Vol.4, No.1, 41-45.

Solving the problems of underwater mechanized and automatic arc welding of various metal structures with a wet method

Vladimir Lebedev

Abstract. A complex of problems related to semi-automatic and automatic underwater wet welding, concerning both equipment and ways of implementation of arc process, has been considered. An analysis of existing developments in the considered field of welding has been carried out,

and the most rational designs of semi-automatic machines for welding with flux-cored electrode wire have been revealed. It is shown that the semi-automatic device with a submerged block is the most rational design; the feeding mechanism, placed in the block, has its own additional body, filled with insulating-lubricating liquid, in which the drive motor is submerged. It is noted that a peculiarity of welding-in-fusion in aqueous medium is unpleasant formation of joints on the vertical plane. The most effective ways of improving semi-automatic and automatic machines related to modulated processes and processes with controlled pulse feeding of electrode wire are presented. It is shown that lately the most effective choice of electric motor is its valve design. At the same time, the feeding mechanism in the gearless version is possible. Specially designed computerized control and regulation system is used for realization of semiautomatic machine's work cycle and the chosen algorithm of electrode wire feeding. The results of electrode wire pulse feeding application on properties of welded joints are given. It is determined that characteristics of pulse feeding (frequency, duty cycle) influence geometric characteristics of the weld, as well as strength properties, in particular yield and time resistance limits, which, among other things, is caused by reduction of nonmetallic inclusions in the weld metal and the weld zone. External types of beads welded in aqueous medium on the vertical plane are given, it is obvious that formation when using pulse and modulated modes is significantly better than when conducting electric arc process with conventional feeding of the electrode wire. The ways of further improvement of the equipment for welding in aqueous medium by a wet method are shown. One of the most promising ways to improve technical and technological capabilities of mechanized equipment for welding in aqueous medium is the creation and application of systems with combined influence on the process.

Keywords: mechanized underwater problem solving and automatic wet welding various metal structures.