

В. А. Лебедев, д-р техн. наук

МЕХАТРОННЫЕ И ДРУГИЕ ОСНОВНЫЕ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ МЕХАНИЗИРОВАННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОДВОДНОЙ СВАРКИ МОКРЫМ СПОСОБОМ

Аннотация: В работе рассматриваются вопросы комплектования оборудования для подводной мокрой сварки электротехническими узлами и элементами как основной части специализированных конструкций полуавтоматов и автоматов. Уделено внимание регулируемым электроприводам механизмов оборудования, источникам сварочного тока, коммутирующим узлам и связям. Показано, что для создания механизированного оборудования подводной сварки эффективным является разработка специальных узлов и систем электрооборудования.

Ключевые слова: подводная сварка, полуавтомат, автомат, механизм подачи, механизм перемещения, электропривод, коммуникации, источник сварочного тока

V. A. Lebedev, ScD.

MECHATRONIC AND OTHER MAJOR ELECTRICAL SYSTEM FOR MECHANIZED EQUIPMENT UNDERWATER WELDING WET PROCESS

Abstract: This paper deals with the acquisition of equipment for underwater wet welding electrical assemblies and components as the main body of specialized structures in luavtomatov and machines. Attention is paid to the mechanisms regulated electric equipment, IP-welding power source, switching nodes and links. It is shown that the creation of mechanized equipment underwater welding is effective development of special components and systems Electrics-ment.

Keywords: underwater welding, semi-automatic machine, electric, feed mechanism, the mechanism of movement, power, communications, welding power source

В. О. Лебедев, д-р техн. наук

МЕХАТРОННІ ТА ІНШІ ОСНОВНІ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНІ СИСТЕМИ МЕХАНІЗОВАНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПІДВОДНОГО ЗВАРЮВАННЯ МОКРИМ СПОСОБОМ

Анотація: У роботі розглядаються питання комплектування устаткування для підводного мокрого зварювання електротехнічними вузлами і елементами як основної частини спеціалізованих конструкцій напівавтоматів і автоматів. Пріділено увагу регульованим електроприводам механізмів устаткування, джерел зварювального струму, комутуючих вузлів і зв'язків. Показано, що для створення механізованого устаткування підводного зварювання ефективним є розробка спеціальних вузлів і систем електрообладнання.

Ключові слова: підводне зварювання, напівавтомат, автомат, механізм подачі, механізм переміщення, електропривод, комунікації, джерело зварювального струму

Введение. Способ мокрой подводной сварки и резки с применением плавящегося электрода получает всё большее распространение вследствие очевидной простоты реализации по сравнению с другими известными способами, например с созданием сухих условий для ведения процесса. Имеется постоянная тенденция к повышению глубин проведения работ. Расширяется круг задач, которые можно решить с применением механизированной сварки мокрым способом. Это уже не только аварийно-ремонтные и спасательные работы, а создание новых объектов, в частности в районах портов. Имеются задачи, которые можно решить, применяя автоматическое погружное сварочное оборудование.

Следует заметить, что совершенствование способов мокрой сварки и резки требует глубокого изучения процесса, условий функционирования погружного оборудования (блок подачи и шланговый держатель), а также комплексного подхода к разработке техники и технологии. Это относится к разработке сварочных и режущих электродных проволок, разработке специального оборудования с системами подачи электродной проволоки, сварочного перемещения, источников сварочного тока, систем коммуникации со сварочными кабелями и кабелями управления. Очевидно, что основная часть сварочного оборудования для реализации мокрой подводной сварки базируется на электрических компонентах.

© Лебедев В.А., 2015

Целью настоящей работы является рассмотрение основных технических решений, принимаемых в настоящее время при разработке электрической части полуавтоматов и автоматов для подводной сварки.

Как известно, [1] механизмы подачи электродной проволоки ранних разработок полуавтоматов для подводной сварки, успешно работающих при соответствующем профилактическим обслуживании на различных подводных объектах, базировались на серийно выпускаемых (общепромышленные условия эксплуатации) коллекторных электродвигателях постоянного тока с повышенным напряжением питания ($=110$ В). Собственно электродвигатель, а также понижающий редуктор механизма подачи помещался в изолированный блок, заполняемый изолирующе-смазывающей жидкостью. Кроме указанных свойств этой жидкости, одной из основных её функций является компенсация внешнего давления при погружении.

В качестве регуляторов частоты вращения вала приводного электродвигателя, применялись тиристорные регуляторы. Такие электроприводы могут работать с определённым успехом на достаточно небольших глубинах. Здесь сказывается невозможность обеспечить и поддерживать заданную частоту вращения вала из-за неизбежных потерь в кабеле питания, возрастающих с увеличением глубины погружения.

Существенным недостатком электроприводов механизмов подачи электродной проволоки на основе общепромышленных коллекторных электродвигателей является наличие ненадёжного узла – коллекторно-щёточного устройства. Требуется электродвигатель с повышенным моментом на валу, так как вращающиеся узлы электродвигателя и особенно редуктора, оказывают значительное гидродинамическое сопротивление.

Новый круг задач, которые могла бы решить техника и технология подводной мокрой сварки, требует кардинального технического решения по электродвигателям механизма подачи. В частности в ИЭС им. Е. О. Патона на основе имеющегося опыта разработок полуавтоматов для мокрой подводной сварки разработана концепция применения в их механизмах подачи бесколлекторных электродвигате-

лей. При этом решалась задача безредукторной подачи электродной проволоки.

Было рассмотрено несколько направлений, среди которых использовались шаговые и вентильные электродвигатели. Проведённые испытания показали, что по ряду показателей вентильные электродвигатели имеют определённые преимущества перед шаговыми, хотя в некоторых случаях шаговые электродвигатели серийного изготовления также могут быть применены.

Пример применения шаговых электродвигателей в оборудовании для мокрой глубоководной сварки представлен на рис. 1. Такая система с успехом применена в автомате для сварки на больших глубинах (200 и более метров) в стеснённых условиях при создании систем альтернативной энергетики [2]. В таком оборудовании в автоматическом режиме с достаточно сложными алгоритмами функционирования работают две системы: система подачи электродной проволоки и система транспортного перемещения сварочной головки с определёнными условиями позиционирования в цикле сварки.

В последнее время приобретает актуальность импульсная подача электродной проволоки как один из самых эффективных инструментов для управления переносом электродного металла и процессом сварки в целом. Для подводной сварки мокрым способом импульсная подача с управляемыми параметрами решает проблемную задачу качественной сварки на вертикальной плоскости. Используя вентильные электродвигатели, создать механизм импульсной подачи с управляемыми параметрами и обеспечением необходимого для подачи электродной проволоки момента гораздо проще, чем при применении шаговых электродвигателей и в части программного продукта и по свойствам имеющихся конструкций электродвигателей.

Разработки института легли в основу создания в Украине серии специализированных вентильных высокомоментных компьютеризированных электроприводов с безредукторной подачей электродной проволоки с любыми требуемыми алгоритмами движения [3].

На рисунках 2 и 3 представлен комплектный вентильный электропривод и блок подачи полуавтомата с этим электроприводом.

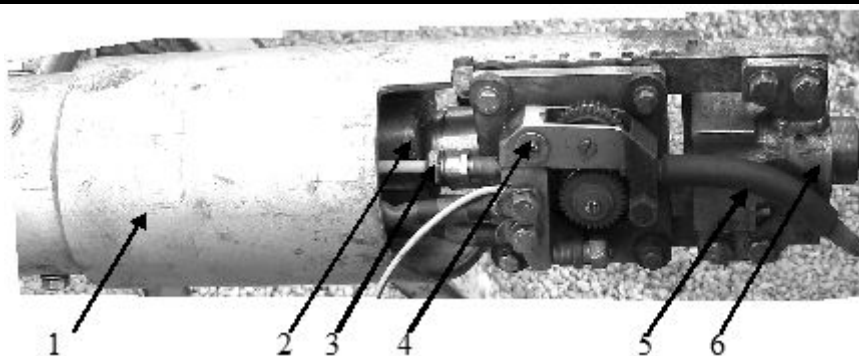


Рис. 1. Автомат для сварки в стеснённых условиях на большой глубине:
1 – корпус; 2 – механизм вращения; 3 – направляющий канал; 4 – подающий механизм с колебателем мундштука; 5 – мундштук; 6 – крепление и элементы токопередачи на доньшко

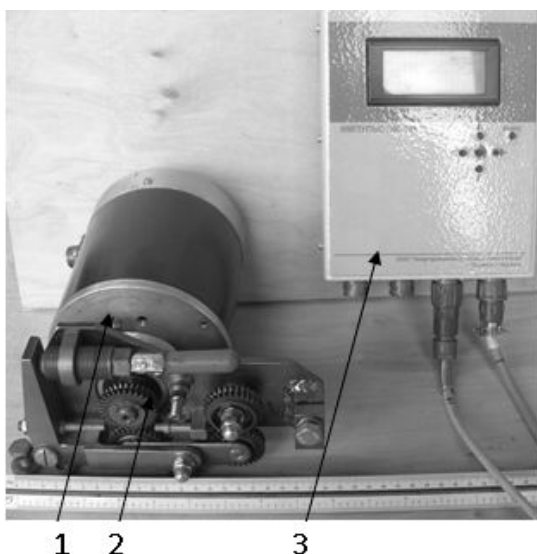


Рис. 2. Механизм подачи электродной проволоки на основе вентильного электропривода:
1 – электродвигатель; 2 – прижимной узел;
3 – компьютеризованный блок управления

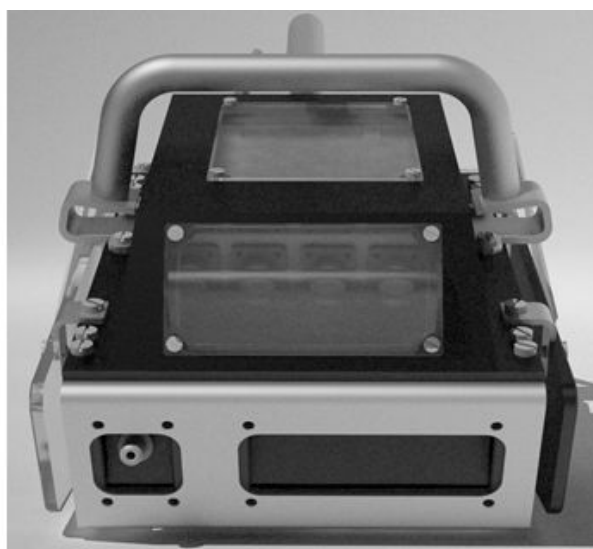


Рис. 3. Блок подачи полуавтомата с компьютеризованным вентильным электроприводом с импульсным алгоритмом управления

В настоящее время имеются разработки более сложного оборудования для подводной сварки “мокрым способом”, работающего в автономном режиме с предварительным программированием и последующим контролем траектории сварки или резки.

На рис. 4 представлен автомат для двухкоординатной сварки на глубинах до 500 м. В таком оборудовании использованы вентильные электроприводы с локальными системами регулирования и общей системой управления циклом программируемой сварки – резки.

Все вышеописанные разработки по всем формальным признакам и техническим решениям, как и ряд другого сварочного оборудования [4] полностью относятся к оборудованию с мехатронными системами.

Следует указать, что эти разработки выполняют определённую основную функцию сварку – резку с использованием другого электротехнического оборудования специальной разработки.

Очевидно, что, используя традиционные источники сварочного тока с жёсткими внешними вольтамперными характеристиками (ВАХ), реализовать процесс сварки с требуемыми характеристиками на значительном удалении объекта сварки невозможно. Это следует из экспериментальных исследований и теоретических расчётов. Из-за больших длин сварочных кабелей ограниченного сечения (растёт активное сопротивление внешней цепи, а следовательно, увеличивается падение напряжения на кабеле) существенно изменяется ВАХ источника в зоне горения дуги. При этом

компенсация падения напряжения во внешней цепи за счёт увеличения напряжения не приводит к необходимому результату. Заметно меняется индуктивность системы «источник-дуга», что отрицательным образом сказывается на характере горения дуги и переносе электродного металла. Для решения этих задач был разработан, изготовлен и внедрён на реальном объекте специализированный источник для механизированной и автоматической сварки при большом удалении подающего механизма (автомата) от источника питания, в том числе и мокрая автоматическая сварка на глубине 200 м [4], [5].

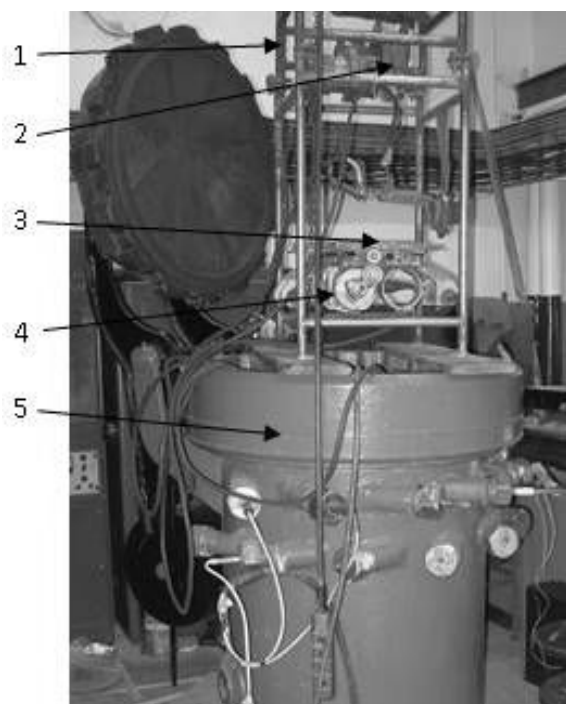


Рис. 4. Автомат для подводной сварки перед испытаниями в барокамере:

- 1 – стенд автомата; 2 – механизм подачи;
- 3 – сварочный стол; 4 – механизмы координатного перемещения; 5 – барокамера

На рис. 5 представлен внешний вид источника. Для обеспечения высокого качества сварки при применении различных видов электродной проволоки источник имеет возможность регулирования динамических характеристик для установки необходимой для конкретного типа проволоки скорости нарастания тока.

Как показали результаты экспериментов по возможностям передачи сварочного тока, сигналов управления и регулирования единственно правильным техническим решением

для работы в стеснённых условиях является объединение всех электрических цепей в одном кабеле, который к тому же должен быть грузонесущим, т.е. выдерживать массу автомата, собственную массу, а также преодолевать гидростатическое сопротивление среды погружения и извлечения.



Рис. 5. Источник сварочного тока для работы с удалёнными объектами

В промышленности отсутствуют кабели, способные удовлетворить такой комплекс требований. Решить все, определённые выше задачи, оказалось возможным при целенаправленной разработке кабелей для полуавтоматической и автоматической подводной сварки мокрым способом [6]. В качестве примера рассмотрим конструкцию кабеля для автоматической глубоководной сварки специальной разработки.

Следует отметить, что все проводники с рациональной разбивкой по жилам и проводникам для обеспечения надёжной изоляции и гибкости выполнены из меди. Проводники питания и управления выполнены экранированными.

На кабель нанесены мерные (на расстоянии одного метра) метки, для дополнительного контроля длины его разматывания или сматывания.

Поперечное сечение сложной конструкции кабеля показано на рис. 6.

Обеспечение прочности кабеля при значительном растягивающем усилии осуществляется дополнительно введёнными стальными охватывающими гибкими элементами, в том числе гибкой броней. Дополнительное упрочнение обеспечивалось большим числом лавсановых нитей разного диаметра.

Изоляция каждого проводника и слоя проводников выполнялась с применением надёжных современных изолирующих материалов ПЭТ-Э плёнки, фолсан и др. с многократным (3...4 раза) перекрытием. Многократные испытания кабеля, а также его работа на реальных объектах показали, что он надёжен, функционален и удобен в эксплуатации. По такому принципу изготавливаются кабели и для подводных сварочных полуавтоматов.

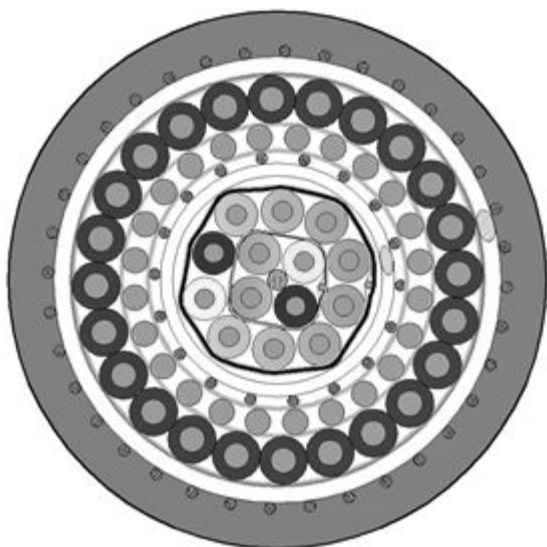


Рис. 6. Сечение кабеля для подводной автоматизированной сварки

Важным узлом полуавтоматов и автоматов для подводной сварки являются герметичные разъёмы, обеспечивающие коммуникацию электродвигателей, а, при необходимости датчиков в сварочных автоматах с блоком управления. Ранее такие разъёмы разрабатывались в ИЭС им. Е. О. Патона, однако со значительным увеличением глубин эксплуатации полуавтоматов и автоматов требования к герметичности разъёмов усилились и в настоящее время в наших разработках применяются промышленно производимые разъёмы, способные работать на глубинах порядка 600 м.

Комплексный подход к созданию оборудования механизированного и автоматического типов для мокрой подводной сварки плавящимся электродом позволил решить ряд важных задач как по ремонту подводных объектов, та и созданию новых конструкций [7]

ВЫВОДЫ

1. Наиболее удачные конструкции полуавтоматов и автоматов для мокрой подводной сварки могут быть созданы на основе специализированных разработок узлов и систем в частности по электрооборудованию, основная часть которых это современные мехатронные системы.

2. В качестве электроприводов механизмов оборудования для мокрой подводной сварки целесообразно применять приводы с бесколлекторными электродвигателями, обеспечивающими длительную безаварийную работу.

Список использованной литературы

1. Кононенко В. Я. Опыт мокрой механизированной сварки самозащитными порошковыми проволоками при ремонте под водой газо- и нефтепроводов / В. Я. Кононенко, А. Г. Рыбченков // Автоматическая сварка. – 1994. – № 9-10. – С.29 – 32.

2. Зайнулин Д. И. Уникальный комплекс оборудования для автоматической дуговой сварки на большой глубине в максимально ограниченных условиях / Д. И. Зайнулин, В. А. Лебедев, С. Ю. Максимов, В. Г. Пичак // Сборник тезисов стендовых докладов Международной конференции «Сварка и родственные технологии – настоящее и будущее», 25-26 ноября 2013. – С. 70 – 71.

3. Лебедев В. А. Быстродействующий вентильный электропривод для оборудования механизированной дуговой сварки / В. А. Лебедев, М. В. Гулый // Мехатроника. Автоматизация, Управление. – 2014. – №6. – С.47 – 51.

4. Лебедев В. А. Источник для дуговой механизированной сварки плавящимся электродом удалённых объектов / В. А. Лебедев, С. Ю. Максимов, Ю. Н. Ярослав // Сборник тезисов стендовых докладов Международной конференции «Сварка и родственные технологии – настоящее и будущее», 25-26 ноября 2013. – С. 82 – 83.

5. Лебедев В. А. Источник сварочного тока для удалённых объектов механизированной дуговой сварки / В. А., Лебедев Ю. А. Ярослав // Тяжелое машиностроение. – 2014. – № 2-3. – С. 6 – 11.

6. Мартинович В. Н. Высококачественные шланг пакеты для подводной сварки и резки / В. Н. Мартинович, Н. П. Мартинович, В. А. Лебедев, С. Ю. Максимов, В. Г. Пичак, И. В. Лендел // Автоматическая сварка. – 2010. – № 9. – С. 42 – 44.

7. Lebedev V.A., and Maksimov S.Yu., (2011), New Equipment for Underwater Mechanized and Automatic Flux-Cored Wire Welding and Cutting, *International Congress on Advances in Welding Science and Technology for Construction, Energy and Importations Systems (AWST – 2011) 24-25 October 2011*, Antalya, Turkey, pp. 139 – 42.

Получено 27.02.2015

References

1. Kononenko V.Ya., and Rybchenkov A. G. Opyt mokroi mekhanizirovannoi svarki samozashchitnymi poroshkovymi provolokami pri remonte pod vodoi gazo- i nefteprovodov [Experience wet Mechanized welding Self-shielded Flux-cored wires in the Repair of Underwater Oil and Gas Pipelines], (1994), *Avtomaticheskaya Svarka*, No. 9-10, pp.29 – 32 (In Russian).

2. Zainulin D.I., Lebedev V.A., Maksimov S.Yu., and Pichak V.G. Unikal'nyi kompleks oborudovaniya dlya avtomaticheskoi dugovoi svarki na bol'shoi glubine v maksimal'no ogranichennykh usloviyakh [A Unique Complex of Equipment for Automatic arc Welding at Great Depth in the Most Limited Conditions], (2013), *Sbornik Tezisev Stendovykh Dokladov Mezhdunarodnoi Konferentsii "Svarka i rodstvennye tekhnologii – nastoyashchee i budushchee"*, 25-26 Noyabrya 2013, pp. 70 – 71 (In Russian).

3. Lebedev V.A., and Gulyi M.V. Bystrodeistvuyushchii ventil'nyi elektroprivod dlya oborudovaniya mekhanizirovannoi dugovoi svarki [The High-speed Valve Actuator Equipment for Mechanized arc Welding], (2014), *Mekhatronika. Avtomatizatsiya, Upravlenie*, No. 6, pp.47 – 51 (In Russian).

4. Lebedev V.A., Maksimov S.Yu., and Yaros Yu.N. Istochnik dlya dugovoi mekhanizirovannoi svarki plavyashchimsya elektrodom udalennykh ob"ektov [Source for Mechanized arc Welding with Consumable Electrode Remote Objects], (2013), *Sbornik Tezisev Stendovykh Dokladov Mezhdunarodnoi Konferentsii "Svarka i Rodstvennye Tekhnologii – Nastoyashchee i Budushchee"*, 25-26 noyabrya 2013, pp. 82 – 83 (In Russian).

5. Lebedev V.A., and Yaros Yu.A. Istochnik svarochnogo toka dlya udalennykh ob"ektov mekhanizirovannoi dugovoi svarki [Welding Power Source for Remote Objects Mechanized arc Welding], (2014), *Tyazheloe Mashinostroenie*, No. 2-3, pp. 6 – 11 (In Russian).

6. Martinovich V.N., Martinovich N.P., Lebedev V.A., Maksimov S.Yu, Pichak V.G., and Lendel I.V. Vysokokachestvennyye shlang pakety dlya podvodnoi svarki i rezki [High Quality Hose Packages for Underwater Welding and Cutting], (2010), *Avtomaticheskaya Svarka*, No. 9, pp. 42 – 44 (In Russian).

7. Lebedev V.A., and Maksimov S.Yu., (2011), New Equipment for Underwater Mechanized and Automatic Flux-Cored Wire Welding and Cutting, *International Congress on Advances in Welding Science and Technology for Construction, Energy and Importations Systems (AWST – 2011) 24-25 October 2011*, Antalya, Turkey, pp. 139 – 42.



Лебедев
Владимир Александрович,
д-р техн. наук, главный
конструктор Ин-та электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины,
Киевская обл. г. Украинка, ул. Связи 3, кв. 60.
E-mail:
valpaton@ukr.net