

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОМПОНЕНТОВ-СТАБИЛИЗАТОРОВ ШИХТЫ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКИ НА СТАБИЛЬНОСТЬ ГОРЕНИЯ ДУГИ ПРИ МОКРОЙ ПОДВОДНОЙ СВАРКЕ

Каховский Н. Ю., Максимов С. Ю., Фадеева Г. В., Супрун С. А., Олейник Ю. В.

Изложено результаты исследований по влиянию компонентов-стабилизаторов на стабильность процесса горения дуги при мокрой подводной сварке высоколегированных коррозионностойких сталей типа 18-10. Фторидные шлаковые системы характеризуются относительно низкой стабильностью горения дуги, поэтому целью проведенных исследований являлось выявление компонента-стабилизатора, который оказывает наиболее стабилизирующее влияние на процесс горения дуги при мокрой подводной сварке. Показано, что введение компонентов стабилизаторов в состав шихты порошковой самозащитной проволоки позитивно влияет на повышение стабильности процесса горения дуги.

Викладено результати досліджень з впливу компонентів-стабілізаторів на стабільність процесу горіння дуги при мокрому підводному зварюванні високолегованих корозійностійких сталей типу 18-10. Фторидні шлакові системи характеризуються відносно низькою стабільністю горіння дуги, тому метою проведених досліджень було виявлення компонента-стабілізатора, який надає найбільш стабілізуючий вплив на процес горіння дуги при мокрому підводному зварюванні. Показано, що введення компонентів-стабілізаторів до складу шихти порошкового самозахисного дроту позитивно впливає на підвищення стабільності процесу горіння дуги.

The article presents the results of studies of components-stabilizers on stability's influence of arc in wet underwater welding of high corrosion resistant steel type 18-10. Fluoride slag systems are characterized by relatively low arc stability and the aim of research was to identify the stabilizer, which has the most stabilizing influence on the arc in wet underwater welding. It is shown that the introduction of stabilizer-components of self-shielded wire has a positive impact on improving stability and welding arc process.

Каховский Н. Ю.	инженер Института электросварки им. Е. О.Патона НАН Украины, m.kakhovskyi@gmail.com
Максимов С. Ю.	д-р техн. наук Института электросварки им. Е. О.Патона НАН Украины
Фадеева Г. В.	инженер Института электросварки им. Е. О.Патона НАН Украины
Супрун С. А.	канд. техн. наук Института электросварки им. Е. О.Патона НАН Украины
Олейник Ю. В.	инженер Института электросварки им. Е. О.Патона НАН Украины.

Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, г. Киев.

УДК 621.791.947.5 (204.1)

Каховский Н. Ю., Максимов С. Ю., Фадеева Г. В., Супрун С. А., Олейник Ю. В.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОМПОНЕНТОВ-СТАБИЛИЗАТОРОВ ШИХТЫ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКИ НА СТАБИЛЬНОСТЬ ГОРЕНИЯ ДУГИ ПРИ МОКРОЙ ПОДВОДНОЙ СВАРКЕ

В отличие от сварки на воздухе или газовой атмосфере, для мокрой подводной сварке процесс протекает в вязкой и плотной, практически несжимаемой жидкости. Плотность ее в 850 раз больше плотности воздуха, теплоемкость в 4 раза, а теплопроводность в 25 раз [1]. С увеличением глубины возрастает давление окружающей среды. Повышение давления влияет на характеристики дуги и в силу основных законов термодинамики изменяет кинетику и равновесие химических реакций, протекающих в дуге и сварочной ванне. При мокрой подводной сварке дуга горит в замкнутом объеме парогазового пузыря, образующегося за счет продуктов диссоциации воды, а также сгорания и испарения плавящегося электрода и изделия [2]. Дуга, горящая под водой, испытывает два вида сжатия (контрагирование) – от охлаждающего воздействия водорода и гидростатического давления столба жидкости [3]. Также охлаждающее действие воды, повышенное давление, диссоциация воды и ее паров приводят к дестабилизации процесса горения дуги, что в свою очередь приводит к необходимости затрачивать большую мощность на поддержание дугового разряда, чем в случае сварки на воздухе [4, 5].

Стабильное горение дуги под водой и получение мелкокапельного переноса электродного металла являются важнейшими составными частями комплекса мер по улучшению процесса мокрой подводной сварки самозащитной порошковой проволокой. На стабильность горения дуги и перенос электродного металла через дуговой промежуток влияют режим сварки, конструкция и диаметр порошковой проволоки, характеристики источника питания, длина сварочной цепи и сечение кабеля, состав сердечника порошковой проволоки, а также воздействия водной среды (парогазового пузыря).

Для получения удовлетворительных механических характеристик и отсутствия дефектов сварного шва, вследствие предотвращения наводораживающего воздействия среды, а также уменьшения его негативного влияния на процесс стабильности горения дуги, в качестве компонентов сердечника самозащитной порошковой проволоки для мокрой подводной сварки, используют шлаковые системы с высоким содержанием фторидов.

Идея снижения количества водорода за счет взаимодействия паров воды с фтористыми соединениями и образование термически устойчивого фтористого водорода при введении флюорита в рутиловое покрытие показана и подтверждена в работе [6]. Установлено, что с увеличением количества фторида кальция во всем интервале исследуемых составов (0–86 % CaF_2), концентрация водорода в металле шва уменьшается. Это свидетельствует о том, что водород реагирует с CaF_2 с образованием фтористого водорода, который выделяется из расплавленного металла по химической формуле $\text{CaF}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaO} + \text{HF}$.

Не смотря на позитивное воздействие по борьбе с водородом, необходимо учитывать, что фторидные шлаковые системы, по литературным данным характеризуются относительно низкой стабильностью горения дуги и крупнокапельным характером переноса металла электрода [7, 8].

Цель исследований заключается в введении в состав шихты самозащитной порошковой проволоки элементов-стабилизаторов, в том числе и комплексных, для получения оптимального (удовлетворительного) процесса стабильности горения дуги.

Подобные исследования по улучшению стабилизации процесса горения дуги для низколегированных сталей проводились методом введения в состав электродного материала соединений щелочных, щелочноземельных и редкоземельных металлов, обладающих низким потенциалом ионизации и низкой работой выхода электронов [9], в то время как для высоколегированных коррозионностойких сталей подобные исследования не проводились.

Исследования проводили с использованием анализатора сварочных процессов ASP-19, приведенного на рис. 1.

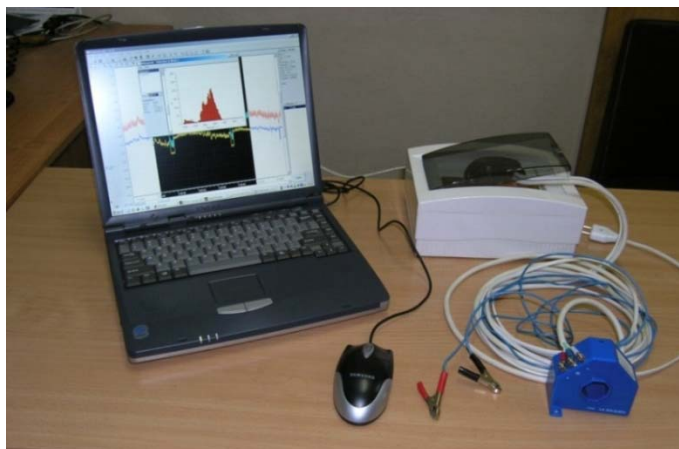


Рис. 1. Анализатор сварочных процессов ASP-19.

С помощью программы Power Graph Professional v3.3 были зафиксированы и построены графические изображения протекания процесса сварки, а также проанализированы характеристики и количественные показатели процесса сварки опытными порошковыми проволоками:

- значение силы тока и напряжения дуги;
- относительные колебания и гистограммы силы тока и напряжения дуги;
- вольтамперные характеристики дуги;
- частотные показатели переноса металла, такие как $\tau_{кз}$ (время короткого замыкания).

Для проведения исследований, были изготовлены опытные порошковые проволоки Ø1,8 мм с базовой шлаковой системой на основе CaF_2 и различными добавками элементов-стабилизаторов: волластонита, криолита и фритты.

Компоненты, вводимые в базовый состав шлаковой системы порошковой проволоки, следующие: Фритта ($\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{K}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$) – специально выплавленная стабилизирующая добавка на базе соединений алюмосиликатов калия и натрия, а также оксидов щелочных и щелочноземельных металлов. Волластонит $\text{Ca}_3(\text{Si}_3\text{O}_9)$ – минерал из класса силикатов, природный силикат кальция. Криолит (Na_3AlF_6) – минерал из класса природных фторидов.

В табл. 1 приведены составы шихт опытных порошковых проволок.

Таблица 1

Составы шихт опытных порошковых проволок

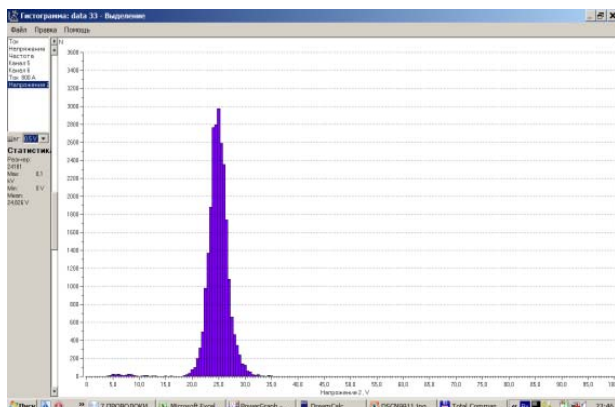
Наименование компонентов	011–82	011–83	011–84
Легирующие компоненты + раскислители	150	150	150
Базовая шлаковая система	180	180	180
Фритта	20	-	-
Волластонит	-	20	-
Криолит	-	-	20
Всего	350	350	350

* Коэффициент заполнения порошковых проволок составлял 35 %.

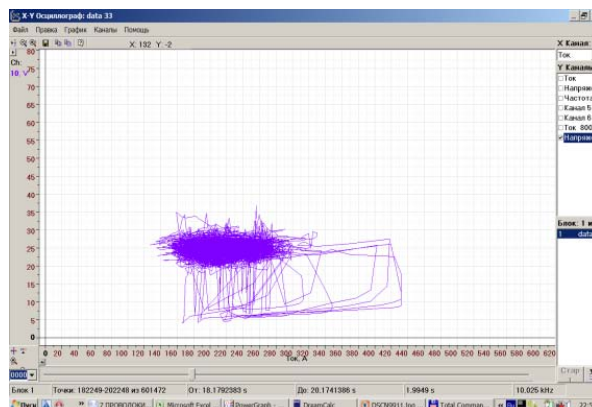
Сварка производилась на глубине 300 мм. Источник питания: Выпрямитель ВДУ-601: характеристика жесткая, контроль $U_{xx} = 28,0 \text{ В}$. Скорость подачи проволоки 175 м/ч. Сварка выполнялась на постоянном токе, полярность обратная.

Наиболее наглядно результаты исследований показывают гистограмма напряжения дуги и вольт-амперная характеристика.

Графические результаты исследований приведены на рис. 1–3.

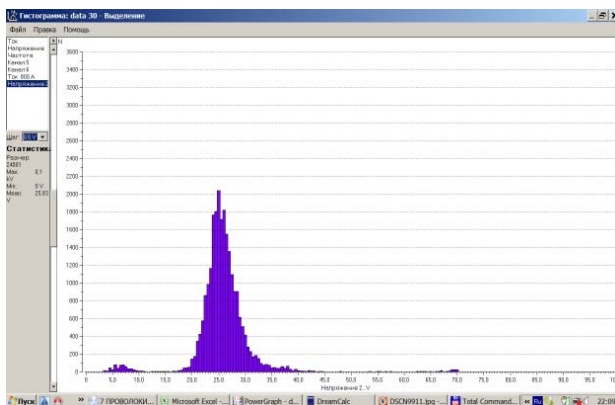


а

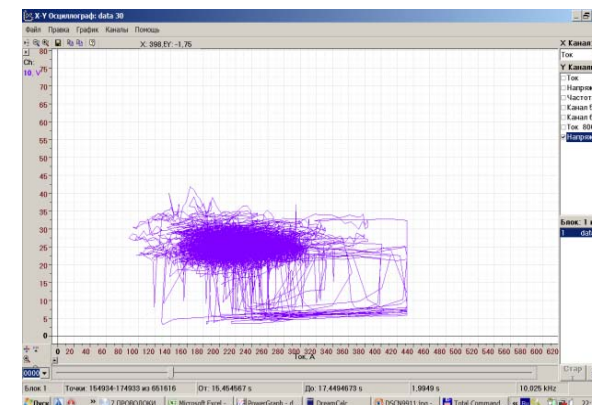


б

Рис. 1. Гистограмма напряжения дуги (а) и вольтамперная характеристика (б) при подводной сварке порошковой проволокой состава 011-82 с добавлением фритты.

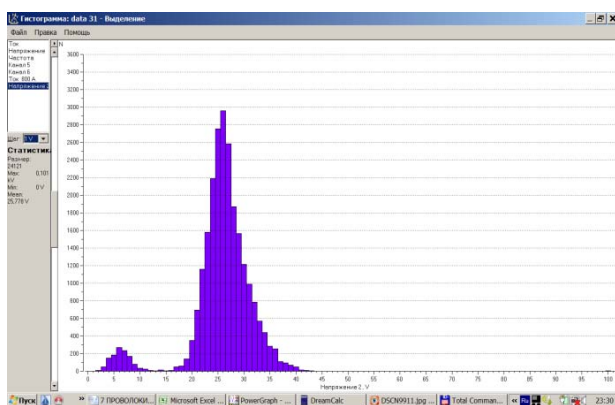


а

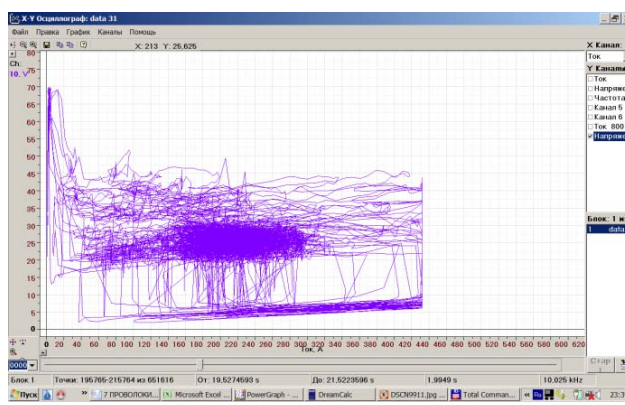


б

Рис. 2. Гистограмма напряжения дуги (а) и вольтамперная характеристика (б) при подводной сварке порошковой проволокой состава 011-83 с добавлением волластонита.



а



б

Рис. 3. Гистограмма напряжения дуги (а) и вольтамперная характеристика (б) при подводной сварке порошковой проволокой состава 011-84 с добавлением криолита.

Численные результаты исследований по оценке стабильности горения дуги при мокрой подводной сварке представлены в табл. 2.

Таблица 2

Сравнительные характеристики процесса подводной сварки

Проволока	Численное значение действующей величины сварочного тока и напряжения дуги		Относительное колебание параметров горения дуги	
	I, А	U, В	ΔI , А	ΔU , В
011-82 с добавлением фритты	233,49	26,22	0,254	0,214
011-83 с добавлением волластонита	222,37	27,06	0,315	0,256
011-84 с добавлением криолита	221,39	27,48	0,316	0,267

Учитывая, что действующие значения величины сварочного тока и напряжения дуги не идентичны между собой, принято решение пересчитать их отклонения в процентном соотношении. Результаты относительных отклонений в процентах приведены в табл. 3.

Таблица 3

Значения относительных отклонений сварочного тока и напряжения дуги в процентах

Проволока	Относительное колебание параметров горения дуги	
	ΔI , %	ΔU , %
011-82 с добавлением фритты	0,109	0,816
011-83 с добавлением волластонита	0,142	0,946
011-84 с добавлением криолита	0,143	0,972

При пересчете численных данных относительного колебания параметров горения сварочной дуги по силе тока и напряжения на дуге в процентное соотношение от величины сварочного тока и напряжения дуги, положение компонентов в рядах не изменилось.

Для анализа полученных данных, была выбрана методика оценки результатов по бальной системе. Таким образом, по возрастанию численного значения каждого из параметров, компоненты были выстроены в следующие ряды:

– относительному колебанию параметров горения сварочной дуги по силе тока:

Криолит > Волластонит > Фритта;

– относительному колебанию параметров горения сварочной дуги по напряжению:

Криолит > Волластонит > Фритта;

Компонент с наилучшим (наименьшим отклонением) оценивался в 3 балла, среднее значение в 2 балла и худший результат в 1 балл.

Результаты бальной оценки следующие: Волластонит – 4 балла, Фритта – 6 баллов, Криолит – 2 балла.

Таким образом, по результатам суммарной бальной оценки процесса стабильности горения дуги, последовательность компонентов выглядит следующим образом:

Криолит > Волластонит > Фритта;

Представленные данные подтверждают влияние состава композиции сердечника как на средние значения напряжения на дуге, так и на диапазон колебаний сварочного тока.

Анализируя приведенные данные можно сделать вывод, что применение стабилизирующих добавок, таких как, например фритта позволяет существенно снизить относительное колебание силы тока и напряжения дуги, добиться мелкокапельного переноса металла, улучшить стабильность горения дуги и вести процесс мокрой подводной сварки самозащитной порошковой проволокой практически без коротких замыканий.

Результаты полученных данных при мокрой подводной сварке самозащитной порошковой проволокой высоколегированных коррозионностойких сталей типа 18-10 совпадают с полученными данными по исследованию стабильности процесса горения дуги при сварке высоколегированных коррозионностойких сталей проволокой сплошного сечения на воздухе проведенных ранее.

ВЫВОДЫ

1. Исследовано влияние среды на стабильность процесса горения дуги при мокрой подводной сварке самозащитной порошковой проволокой сталей типа 18-10.
2. Показано, что среда при мокрой подводной сварке оказывает дестабилизирующее воздействие на процесс горения.
3. Показано, что добавление стабилизирующих добавок в базовый состав шихты порошковой проволоки позволяет существенно снизить относительное колебание силы тока и напряжения дуги, а также снизить количество коротких замыканий.
4. Показано, что применение фритты, позволило сильнее всего улучшить стабильность горения дуги при ведении процесса мокрой подводной сварки самозащитной порошковой проволокой.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кононенко В. Я. Подводная сварка и резка. / В. Я. Кононенко – К. : Университет «Україна». 2011. – 264 с.
2. Авилов Т. И. Исследование процесса дуговой сварки под водой / Т. И. Авилов. – Сварочное производство. – 1958. – N 5. – С. 12–14.
3. Мадатов Н. М. Подводная сварка и резка метал лов. / Н. М. Мадатов. – Л. : Судостроение, 1967. – 164 с.
4. Лесков Г. И. Энергетические параметры дуги в условиях гидростатического давления до 5 МПа / Г. И. Лесков, О. М. Потиха. – Автомат.сварка. – 1999. – № 1. – С. 15–18.
5. Лесков Г. И. Энергетические характеристики дуги со стальными электродами в атмосфере водорода / Г. И. Лесков. – Автомат.сварка. – 1993. – № 10. – С. 3–5.
6. Грецкий Ю. Я. Влияние флюорита в рутиловом покрытии на содержание водорода в металле шва при подводной сварке / Ю. Я. Грецкий, С. Ю. Максимов, Н. В. Кравченко. – Автоматическая сварка. – 1993. – № 8. – С. 54.
7. Металлургия дуговой сварки: Процессы в дуге и плавление электродов. / И. К. Походня, В. Н. Горпенюк, С. С. Миличенко [и др.] – Киев, Наукова думка, 1990. – 221 с.
8. Шлепаков В. Н. Идентификация состава порошковых проволок по электрическим сигналам дуговой сварки. / В. Н. Шлепаков, А. С. Котельчук, С. А. Сунрун. – Автоматическая сварка, 1999. – № 8. – С. 37–42.
9. Stephen Liu. A Decade of Progress in Underwater Wet Welding Using the SMAW Process (1990-2003) // ASME 2004 23rd International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering (OMAE2004). June 20–25, 2004, Vancouver, British Columbia, Canada. – Volume 2. – P. 927–934.