

УДК 621.791.947.5 (204.1)

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФТОРИДОВ НА СТАБИЛЬНОСТЬ ГОРЕНИЯ ДУГИ ПРИ СВАРКЕ ВЫСОКОЛЕГИРОВАННЫХ КОРРОЗИОННОУСТОЙЧИВЫХ СТАЛЕЙ ТИПА 18-10

При подводной сварке высоколегированной коррозионноустойчивой стали типа 18–10 порошковыми проволоками малого диаметра для выполнения многослойных швов с требуемым уровнем легирования требуется обеспечить эффективную защиту металла шва от окислительного потенциала среды и ее наводороживающего воздействия (насыщения металла водородом). Для предотвращения наводороживающего воздействия среды используется сердечник на основе шлаковой системы с высоким содержанием фторидов. Из литературных данных известно, что фторидные шлаковые системы характеризуются относительно низкой стабильностью горения дуги и крупнокапельным характером переноса металла электрода [1–4]. Однако исследования влияния фторсодержащих компонентов применительно к мокрой подводной сварке высоколегированных коррозионных сталей ранее не проводились.

Стабильность процесса горения дуги определяется одним или двумя условиями: способностью внешней цепи поддерживать напряжение, необходимое для горения разряда, и способность эмиссионных процессов, обеспечивающих ток на контуре дуги, протекать в условиях ограниченного тока, величина которого определяется параметрами цепи [5, 6]. Плавление и перенос металла через дугу являются, по мнению авторов работы [7], причиной нарушения устойчивости процесса сварки, а короткие замыкания – причиной разбрызгивания электродного металла [8].

Целью исследований являлось выявление фторида, который оказывает наименее дестабилизирующее влияние на процесс горения дуги.

На предварительном этапе, сравнения дестабилизирующего воздействия фторидов на процесс горения сварочной дуги проводилось при сварке на воздухе, анализ результатов которых, впоследствии позволит перейти к комплексу испытаний при подводной сварке. В экспериментах использовали фториды щелочных и щелочноземельных металлов: натрия, кальция, алюминия, лития, криолита и др.

В первой серии опытов, в качестве объекта исследования использовалась проволока сплошного сечения Св-12Х18Н10Т Ø 1,2 мм. Оценивалась стабильность процесса горения дуги и характер переноса электродного металла при автоматической сварке проволокой сплошного сечения. В качестве фторидов использовали фтористый кальций (CaF_2), фтористый натрий (NaF), криолит (Na_3AlF_6).

Для упрощения эксперимента, была разработана оригинальная методика, которая заключалась в следующем. На пластину из стали 12Х18Н10Т толщиной 12 мм наносились с помощью легкогорючего лака дозированное количество вышеназванных фторидов. Затем по нанесенной поверхности плавящимся электродом, проволокой сплошного сечения Св-08Х18Н10Т, выполнялись наплавки. Сварка выполнялась на постоянном токе обратной полярности. Скорость подачи проволоки $V_{\text{пн}} = 186$ м/ч. Величина вылета проволоки 15 мм.

Исследования проводили с использованием анализатора сварочных процессов ASP-19 [7], на рис. 1.

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 для относительно кратковременного 1–2 с) и длительного (5–10 с) промежутка времени;
- частотные показатели переноса металла.

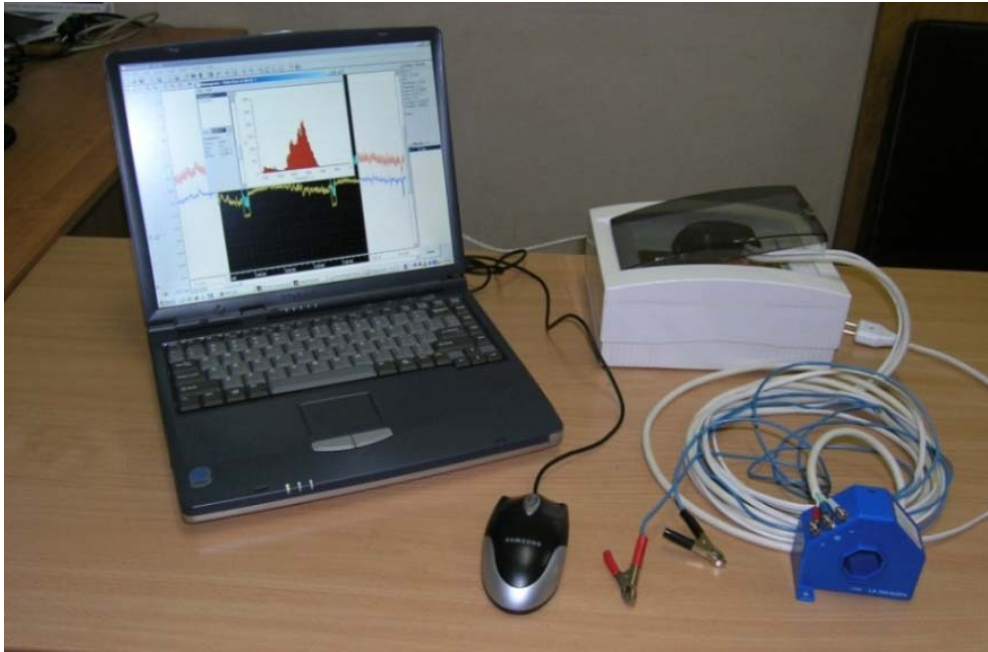
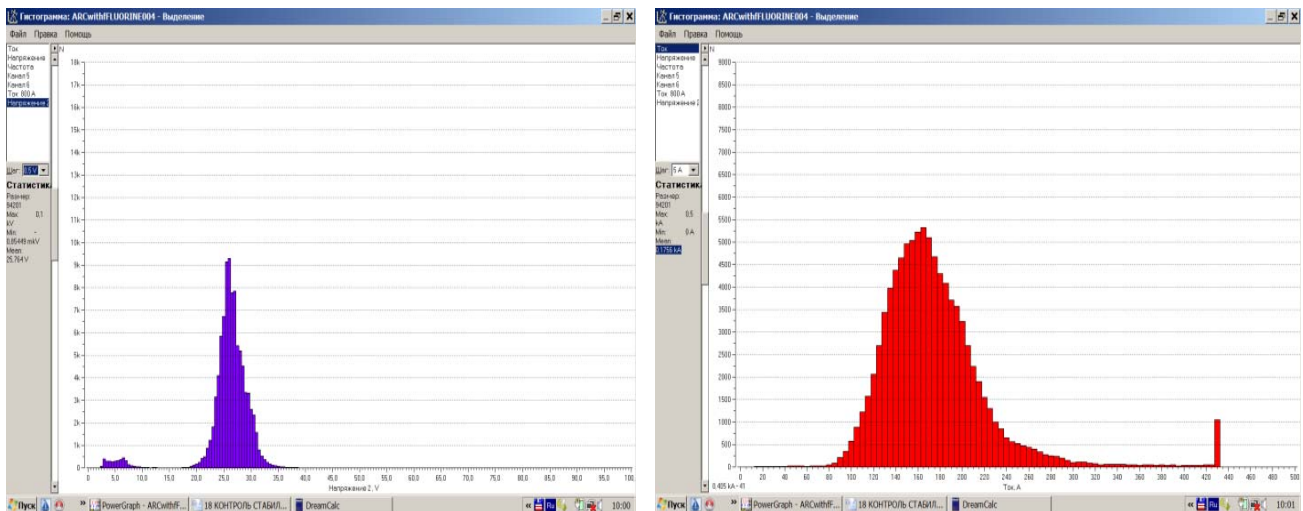


Рис. 1. Анализатор сварочных процессов ASP-19

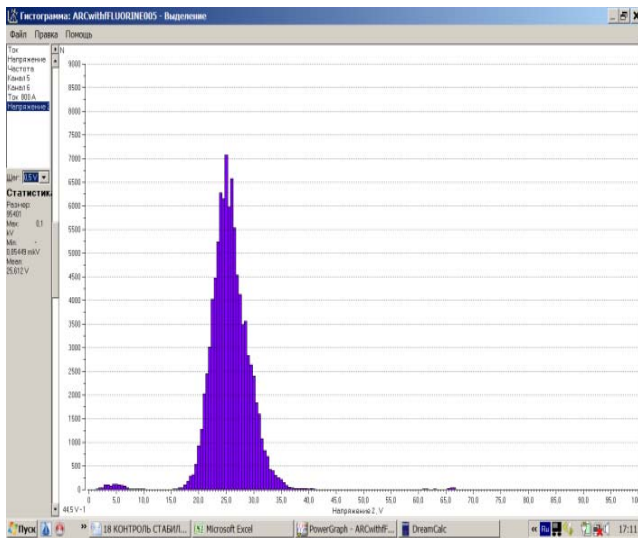
Учитывая то, что гистограммы являются наиболее информативными для наглядного сравнения, они приведены на рис. 2–5.



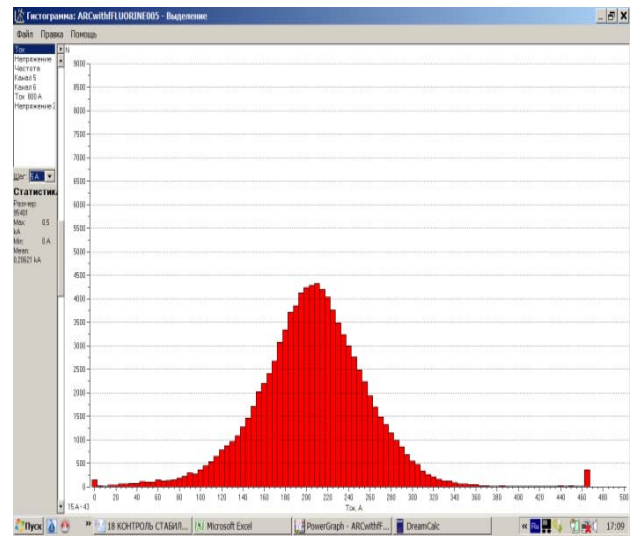
а

б

Рис. 2. Гистограмма напряжения дуги (а) и гистограмма сварочного тока (б) при наплавке на пластину проволокой Св-08Х18Н10Т сплошного сечения

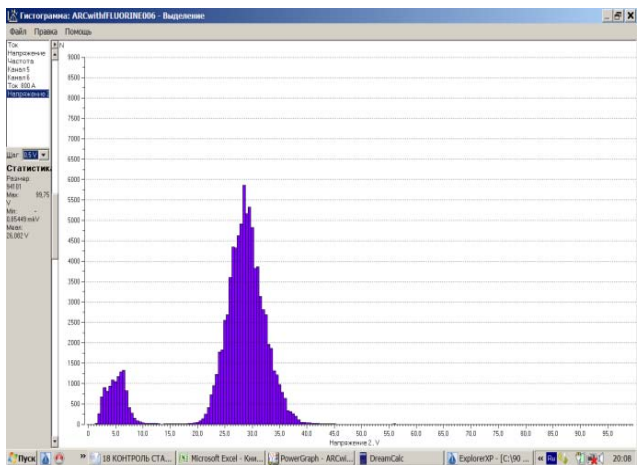


а

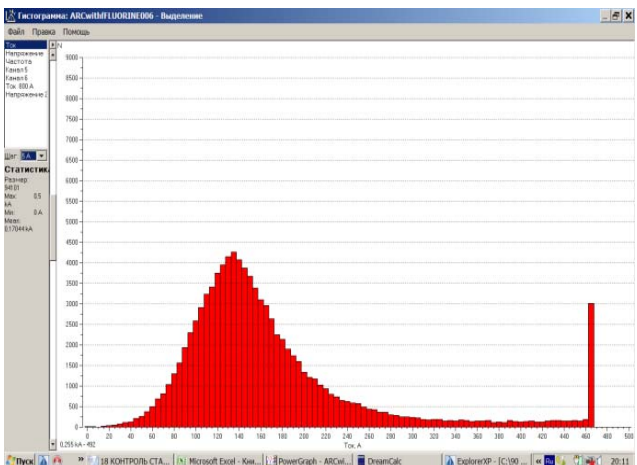


б

Рис. 3. Гистограмма напряжения дуги (а) и гистограмма сварочного тока (б) при наплавке на пластину проволокой с добавлением CaF₂

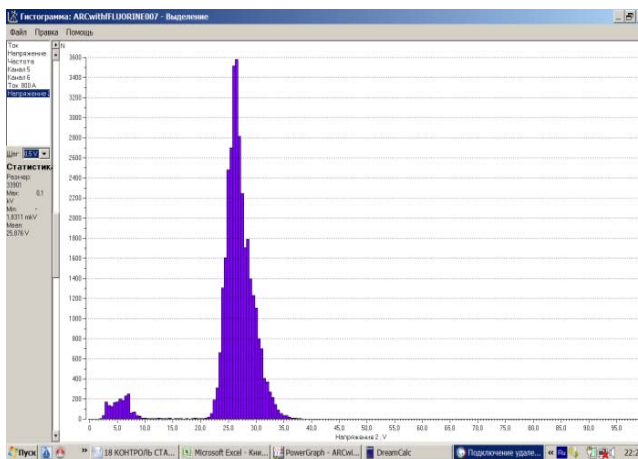


а

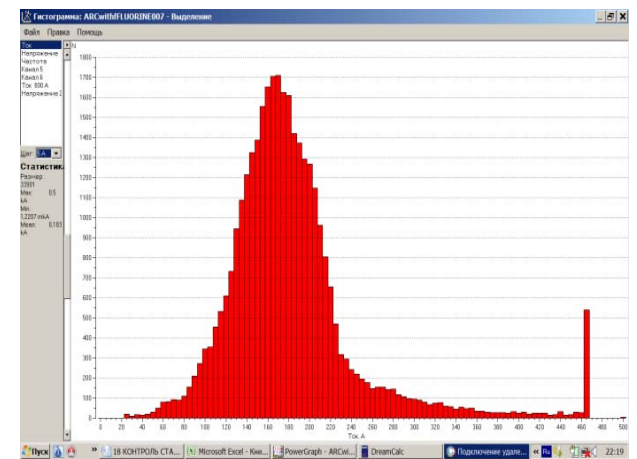


б

Рис. 4. Гистограмма напряжения дуги (а) и гистограмма сварочного тока (б) при наплавке на пластину проволокой с добавлением NaF



а



б

Рис. 5. Гистограмма напряжения дуги (а) и гистограмма сварочного тока (б) при наплавке на пластину проволокой с добавлением Na₃AlF₆

После обработки полученных данных численные результаты исследований приведены в табл. 1.

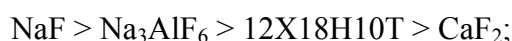
Таблица 1

Характеристики процесса сварки при введении различных фторидов в сердечник порошковой проволоки

Обозначение введенного фторида	Численное значение величины		Относительное колебание		Время короткого замыкания, мс
	Сварочного тока, А	Напряжения дуги, В	Сварочного тока, А	Напряжения дуги, В	
Проволока 12X18H10T	193,5	26,3	0,304	0,136	3,2
12X18H10T + CaF ₂	212,9	25,9	0,251	0,158	2,75
12X18H10T + NaF	190,1	27,8	0,470	0,319	4,38
12X18H10T + Na ₃ AlF ₆	197,1	28,2	0,392	0,299	5,22

По возрастанию численного значения каждого из параметров (относительного колебания силы тока и напряжения дуги, а также времени короткого замыкания), компоненты были выстроены в следующие ряды:

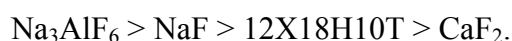
- относительное колебание параметров горения сварочной дуги по силе тока:



- относительное колебание параметров горения сварочной дуги по напряжению:



- время коротких замыканий:



При пересчете численных данных относительного колебания параметров горения сварочной дуги по силе тока и напряжения дуги в их процентное соотношение (табл. 2), положение компонентов в рядах не изменилось.

Таблица 2

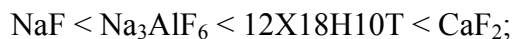
Значения относительных отклонений сварочного тока и напряжения дуги в процентах

Проволока	Относительное колебание параметров горения дуги	
	$\Delta I, \%$	$\Delta U, \%$
12X18H10T	0,588	0,036
12X18H10T + CaF ₂	0,534	0,041
12X18H10T + NaF	0,893	0,089
12X18H10T + Na ₃ AlF ₆	0,773	0,084

Для анализа полученных данных была выбрана методика оценки результатов по бальной системе. Компонент с наилучшим (наименьшим отклонением) оценивался в 3 балла, средние значения – 2 и 1 балл соответственно, а худший результат – 0 баллов.

Результаты бальной оценки следующие: NaF – 1 балл, Na₃AlF₆ – 2 балла, 12X18H10T – 7 баллов, CaF₂ – 8 баллов.

Таким образом, по результатам суммарной бальной оценки последовательность компонентов выглядит следующим образом:



Из полученных данных, можно сделать вывод что, фтористый натрий и криолит оказывают сильное дестабилизирующее воздействие на характеристики горения дуги. Фторид кальция (CaF₂) по отношению к криолиту (Na₃AlF₆) и фтористому натрию (NaF) является практически стабилизатором, т. е. его дестабилизирующие свойства проявляются в меньшей степени, чем NaF и Na₃AlF₆.

Полученные результаты послужат основой для проведения дальнейших исследований процесса стабильности горения дуги в водной среде с использованием в составе шлаковой системы фтористого кальция (CaF₂) в ходе цикла работ о разработки самозащитной порошковой проволоки для мокрой подводной сварки высоколегированных коррозионностойких сталей типа 18–10.

ВЫВОДЫ

1. Исследовано влияние фторидов на стабильность процесса горения дуги при сварке самозащитной порошковой проволокой сталей типа 18–10.
2. Установлено что, фторид кальция (CaF₂) по отношению к криолиту (Na₃AlF₆) и фтористому натрию (NaF) является практически стабилизатором.
3. В дальнейших исследованиях при разработке порошковой проволоки для подводной сварки сталей типа 18–10, в качестве основы рудоминеральной части шихты целесообразно использовать CaF₂.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *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.*
2. *Шлепаков В. Н. Идентификация состава порошковых проволок по электрическим сигналам дуговой сварки / В. Н. Шлепаков, А. С. Котельчук, С. А. Супрун. // Автоматическая сварка. – 1999. – № 8. – С. 37–42.*
3. *Изменение размеров зоны электропроводимости дуги при введении газообразных галогенидов в аргон / Б. Н. Бадьянов, В. А. Давыдов, Ю. Ф. Колупаев, М. А. Ткачев // Автоматическая сварка. – 1977. – № 4. – С. 67–68.*
4. *Кононенко В. Я. Подводная сварка и резка / В. Я. Кононенко – К. : Університет «Україна». 2011. – 264 с.*
5. *Патон Б. Е. Электрооборудование для дуговой и шлаковой сварки / Б. Е. Патон, В. К. Лебедев – М. : Машиностроение, 1966. – 359 с.*
6. *Stephen Liu. A Decade of Progress in Underwater Wet Welding Using the SMAW Process (1990-2003) / Liu Stephen. // ASME 2004 23rd International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering (OMAЕ2004). June 20–25, 2004, Vancouver, British Columbia, Canada. – Volume 2. – P. 927–934.*
7. *Заруба И. И. Влияние капельного переноса металла на устойчивость сварочной дуги переменного тока / И. И. Заруба, В. В. Дыменко // Автоматическая сварка. – 1983. – № 2. – С. 14–20.*
8. *Потаповский В. Г. К вопросу определения динамических свойств источников тока для сварки в углекислом газе / В. Г. Потаповский // Автоматическая сварка. – 1962. – № 7. – С. 43–39.*
9. *Специализированная информационно-измерительная система для мониторинга процесса дуговой сварки / А. Е. Пирумов, И. О. Скачков, С. А. Супрун, С. Ю. Максимов // Автоматическая сварка. – 2007. – № 8. – С. 41–43.*