

**И.Ю. Лetyгин, Е.А. Кривоносова**

Пермский государственный технический университет

## **ОЦЕНКА ПОВТОРНОГО ЗАЖИГАНИЯ ДУГИ ДЛЯ ПОКРЫТЫХ ЭЛЕКТРОДОВ**

Рассмотрена проблема оценки повторного возбуждения дуги при сварке покрытыми электродами. Апробирована методика оценки повторного возбуждения дуги, основанная на определении сопротивления в месте контакта оплавленного торца электрода с изделием.

Повторное зажигание дуги – технологическое свойство электрода, позволяющее легко возбудить дугу после ее обрыва при холодном контакте с металлом. При этом зажигание дуги производится путем касания торцом электрода основного металла без удара, т.е. без разрушения втулочки из нерасплавившегося покрытия на конце электрода.

Первичное зажигание дуги обычным электродом происходит легко вследствие того, что контактный торец электрода свободен от покрытия. В процессе сварки на электроде образуется втулочка из нерасплавившегося покрытия, а так как покрытие электрода неэлектропроводно, она препятствует повторному зажиганию дуги после ее обрыва. Для того чтобы снова зажечь дугу, сварщику приходится с определенным усилием ударять электродом об изделие для разрушения втулки из покрытия, обеспечивая этим контакт электродного стержня с основным металлом. Однако при ударе возможно разрушение не только втулочки, но и участка покрытия, прилегающего непосредственно к торцу электрода, что приводит к образованию дефектов в металле шва за счет ухудшения защиты зоны сварки и появления неоднородности химического состава металла шва.

В настоящее время в стандартах ISO 5817 и ISO 6520, которые введены как обязательные для исполнения в странах, входящих в Европейскую федерацию сварщиков, для групп качества электродов «С» и «В» указано на недопустимость плохого повторного возбуждения дуги при случайных ее обрывах, т.е. этот показатель становится браковочным признаком для электродов. У выпускаемых в настоящее время отечественных электродов проблема повторного зажигания дуги не решена. В то же время на Западе выпускается много марок электродов, обеспечивающих надежное повторное зажигание дуги. Отсутствие у отечественных электродов способности повторного зажигания дуги делает их неконкурентоспособными по сравнению с западными аналогами.

Авторы [1] указывают на возможность двух принципиальных путей решения проблемы повторного зажигания:

1) обеспечение повторного зажигания дуги за счет характеристик источника питания,

2) обеспечение повторного зажигания дуги за счет особых свойств электродного покрытия.

Первый путь решения данной задачи возможен, но он требует введения в состав источника питания достаточно мощного устройства, повышающего напряжение на электроде. Напряжение должно быть достаточным для того, чтобы пробить слой диэлектрика, находящегося между концом электродного стержня и основным металлом, и возбудить дугу. Такое решение реализовано в сварочном трансформаторе «Русич» [1].

Второй путь решения проблемы обеспечения повторного зажигания – за счет особых свойств электродного покрытия. Для этого необходимо, чтобы нерасплавившаяся втулочка из покрытия была электропроводна. Тогда сварочная цепь замкнется при касании электродом основного металла, и дуга загорится. Однако электропроводность покрытия может стать и отрицательным фактором. Например, при сварке в узкую разделку электропроводное покрытие может замыкать о стенки разделки, или сварщик может попасть под действие напряжения при смене электрода.

Как вариант решения проблемы повторного зажигания у электродов с основным типом покрытия, которые содержат не более 10%  $TiO_2$  и 10–15% железного порошка, предлагается использование сегментированного покрытия. При этом в сегменте зажигания можно поднять концентрацию рутила и железного порошка до количества, обеспечивающего способность к повторному зажиганию (50% рутила или 25% рутила и 50% железного порошка) [2]. Учитывая большую сложность оборудования, которое необходимо использовать для получения такого покрытия, этот путь нельзя считать оптимальным на данном этапе развития отечественной промышленности.

Наиболее приемлемым было бы создание такого электродного покрытия, которое самостоятельно (без сегмента зажигания) обеспечило бы повторное зажигание дуги. В сущности, задача сводится к созданию электропроводного покрытия, которое бы при воздействии температуры сварочной дуги теряло свою электропроводность, а после обрыва дуги при некотором охлаждении восстанавливало бы электропроводность.

В настоящее время численная оценка ряда характеристики сварочно-технологических свойств покрытых электродов невозможна вследствие отсутствия общепринятых критериев и методов, в связи с чем применяется лишь экспертная оценка. К таким характеристикам автор [3] относит характер повторного зажигания дуги. При подобной оценке возникает вероятность

необъективного или даже предвзятого отношения к результатам испытаний. Для объективной оценки, по мнению автора [3], требуется выработка критериев и разработка балльной оценки. При этом оценку следует проводить группой независимых экспертов.

Для реализации указанных требований автором [3] разработан формуляр оценки качества электродов, в котором характер повторного зажигания дуги при замыкании электрода на изделие предложено оценивать по следующим критериям:

- мгновенное зажигание после полного охлаждения электрода без разрушения втулочки;
- мгновенное зажигание после кратковременного перерыва (10–30 с) в горении дуги без разрушения втулочки;
- замедленное зажигание после кратковременного перерыва (10–30 с) в горении дуги и полного разрушения втулочки.

При качественной сравнительной оценке по приведенным критериям повторному зажиганию электродов присваивались следующие баллы: «лучше аналога» – 3; «на уровне аналога» – 2; «хуже аналога» – 1; «гораздо хуже аналога» – 0.

В связи с тем, что какие-либо методы и критерии количественной оценки повторного возбуждения дуги в литературе отсутствуют, для проводимого исследования использована методика по определению сопротивления торца оплавленного электрода [4].

Суть экспериментов заключалась в следующем. Исследуемый электрод после оплавления зажимали вертикально в штативе, при этом оплавленный торец упирался в металлическую пластину. На другой конец электрода закреплялся провод с зажимом и подавался «+» источника, а к металлической пластине «-» от источника питания (выпрямитель ВРН – 1М). В электрическую цепь входили два шунтирующих сопротивления: одно параллельно цепи электрода, другое последовательно. В цепь параллельного сопротивления входил амперметр.

После того как электрическая схема была полностью собрана, включался источник питания с выпрямителем, и подавалось напряжение. Величину напряжения плавно повышали от нуля. При определенном значении напряжения стрелка микроамперметра начинала отклоняться. Путем регулировки источника питания стрелку микроамперметра фиксировали в пределах 10–20 мкА, и записывали показания вольтметра на источнике питания и микроамперметра. Для обеспечения точности замеры повторяли пять раз, для чего исследуемый электрод повторно оплавлялся. Таким образом замерялись все исследуемые электроды. Обязательным условием проведения замеров было полное охлаждение электрода после сварки. Далее проводился расчет

сопротивления на контакте «торец оплавленного электрода – металлическая пластина» ( $R_c$ ).

По данной методике были исследованы электроды производства ОАО «Уралхиммонтаж» (г. Пермь) типа Э-46 марки МР-3 ГОСТ 9466–75, ГОСТ 9467–75, ТУ 36.23.25–007–90 и электроды производства ЗАО «Сибэс» (г. Тюмень) по лицензии ESAB (ISO 2560: E43 3R11) типа Э-46А марки ОК-46 ГОСТ 9466–75, ГОСТ 9467–75, а также экспериментальные электроды ЭЛУР с составом по табл. 1. Расчетное сопротивление контакта промышленных и экспериментальных электродов приведено в табл. 2.

Таблица 1

### Состав покрытия экспериментальных электродов, мас. %

№ электрода	SiMn	Слюда	FeTi	Графит	Мрамор
1	10	15	3	2	9
2	18	15	1	0	15
3	22	12	2	1	12
4	6	12	2	2	12

Таблица 2

### Расчетные значения контактного сопротивления промышленных электродов

Электрод	$R_x$ , МОм					$R_{\text{ср}}$ , МОм
	1	2	3	4	5	
МР-3	156,7	45,07	36,54	35,08	41,42	64,77
ОК-46	19,48	38,98	0,224	34,11	25,57	23,67
№ 1	2,418	4,855	5,343	3,636	3,501	3,95
№ 2	64,98	12,17	29,23	7,293	9,73	24,68
№ 3	55,69	14,61	12,17	4,855	38,98	25,26
№ 4	2,418	3,88	4,246	3,49	2,905	3,388

Кроме того, на основании методики, предложенной в работе [3], была проведена экспертная оценка некоторых экспериментальных электродов, контактные сопротивления которых имеют наименьшие и наибольшие значения. За аналог для сравнения опытных электродов были взяты электроды производства ЗАО «Сибэс» (г. Тюмень) по лицензии ESAB (ISO 2560: E43 3R11) типа Э-46А марки ОК-46 ГОСТ 9466–75, ГОСТ 9467–75. Оценивали повторное возбуждение дуги после ее обрыва по баллам: 2 – «на уровне аналога»; 1 – «хуже аналога»; 0 – «гораздо хуже аналога». Результаты приведены в табл. 3.

Таблица 3

### Результаты экспертной оценки повторного возбуждения

Оцениваемая характеристика	№ электрода			
	1789	1800	1804	1805
Мгновенное зажигание дуги после кратковременного (1–2 с) перерыва без разрушения втулочки	2	2	1	2
Мгновенное зажигание дуги после кратковременного (10–30 с) перерыва в ее горении без разрушения втулочки	1	0	0	2
Мгновенное зажигание дуги после полного остывания без разрушения втулочки	1	0	0	2

Соответствие экспериментальных данных, определенных при вычислении величины контактного сопротивления, с данными, полученными в результате экспертной оценки повторного возбуждения дуги, представлено в табл. 4.

Таблица 4

### Обобщенная таблица экспериментальных исследований

№ электрода	1789	1800	1804	1805
Общее количество баллов при экспертной оценке	4	2	1	6
Значение контактного сопротивления, МОм	3,95	24,68	25,26	3,388

Анализ данных, приведенных в табл. 4, показывает достоверность методики определения величины контактного сопротивления торца электрода для оценки повторного зажигания дуги при сварке покрытыми электродами. Также данная методика может быть использована при разработке новых электродных покрытий для количественной оценки повторного зажигания дуги в комплексе технологических свойств электродов.

### Список литературы

1. Белов Ю.М., Ранцев А.А. О выборе путей улучшения повторного зажигания дуги // Электродное производство на пороге нового тысячелетия: сб. матер. науч.-техн. семинара; АО «Электрод». – СПб., 2000. – С. 106–110.
2. Сидин З.А. Современные типы покрытых электродов и их применение для дуговой сварки сталей. – М.: Машиностроение, 1984. – 60 с.
3. Булат А.В. Оценка качества электродов // Сварочное производство. – 2000. – № 11. – С. 45–49.
4. Способ исследования покрытых электродов: пат. Рос. Федерация / И.Ю. Летягин, В.Я. Беленький, В.М. Язовских, В.И. Шумяков. – № 2366549; заявл. 12.11.07; опубл. 10.09.09, бюл. № 25. – 5 с.

Получено 12.01.2010