

04;11

ОКСИДНЫЙ КАТОД МНОГОАМПЕРНОЙ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ДУГИ

В.И. Л а к о м с к и й, А.Я. Т а р а н

Оксидный катод электрической дуги, сформированный на запрессованной в медный водоохлаждаемый держатель металлической циркониевой или гафниевой вставке, известен давно и получил широкое распространение [1].

При всех его положительных качествах этот катод не позволяет повысить ток дуги при приемлемом ресурсе электрода 300 ... 350 А.

В Институте электросварки им. Е.О. Патона АН УССР создан новый оксидный катод, который позволил расширить диапазон силы рабочего тока в максимальную сторону до 1000 А при удельной эрозии  $5 \cdot 10^{-11}$  кг/Кл и в минимальную сторону до 15 А.

Таких параметров удалось достичь путем значительного легирования диоксида циркония оксидами элементов подгруппы бериллия, обладающих малой работой выхода электрона.

Активную вставку катода изготовляли из смеси соответствующих порошков путем прессования их до регламентируемой пористости непосредственно в медном держателе, в котором заранее высверливалось глухое отверстие.

В состав вставки кроме указанных компонентов входят также технологические добавки для повышения тепло- и электропроводности последней.

Электродуговой разряд между вертикально расположенным оксидным катодом и плоским анодом в виде металлической ванны в водоохлаждаемом медном тигле представляет собой хорошо сформированный столб дуги практически цилиндрической формы на всем его протяжении (рис. 1).

Несмотря на отсутствие газовихревой или магнитной стабилизации столб дуги легко вытягивается до 200 мм и выше (в зависимости от напряжения на источнике тока). Градиент напряжения в столбе дуги в воздухе не превышает 7 В/см, что на полпорядка-порядок ниже, чем при ручной сварке покрытыми электродами.

Дуговой разряд отличается высокой устойчивостью и малым шумом. Пульсации тока и напряжения на дуге не превышают таковых на источнике тока ( $< 2\%$ ).

ВАХ дугового разряда в воздухе, азоте, углекислом газе и аргоне восходящая (рис. 2). Производная напряжения по току для дуг в воздухе составляет  $1,2 \cdot 10^{-2}$  В/А, что близко к значению этой величины для металлургических плазматронов с малой степенью обжатия столба дуги [2].

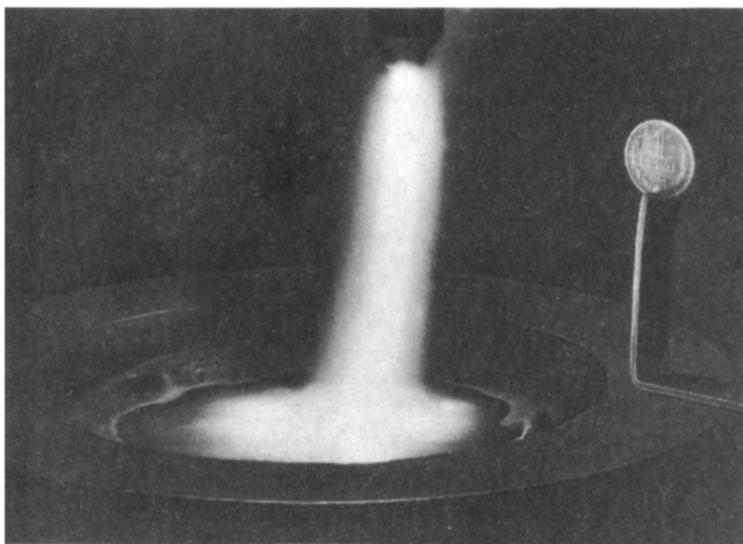


Рис. 1. Дуговой разряд на оксидном катоде: сила тока 650 А, длина дуги 145 мм, диаметр вставки 5 мм, воздух.

Плотность тока на оксидном катоде при диаметре активной вставки 5 мм в диапазоне силы тока 450...850 А составляет  $1.7 \cdot 10^8$ , для активной вставки 4 мм -  $3 \cdot 10^8$  А/м<sup>2</sup> (площадь привязки катодного пятна определялась методом автографов). Следует отметить, что для циркониевого оксидного катода эта величина на порядок меньше [3]. Вольтов эквивалент в указанном диапазоне силы тока, характеризующий тепловой поток в катод, исключая радиационную теплопередачу от заглубленной в держатель части столба дуги, составляет всего лишь 2 В.

Для созданного катода, как и для всех других электродных материалов электрической дуги, различают пусковую эрозию и эрозию при установившемся режиме работы. В данном случае пусковую эрозию можно разделить на начально-пусковую, наблюдаемую при первом запуске дуги, когда материал катодной вставки подвергается спеканию и на открытой поверхности вставки формируется жидкая эмиссионная пленка, и на регулярно-пусковую эрозию, наблюдаемую при повторных запусках.

Первая эрозия весьма ощутима. В этот момент унос материала катодной вставки достигает 1 мм длины вставки. Это хорошо видно из рис. 3, если экстраполировать прямую 2 до нулевой ординаты времени.

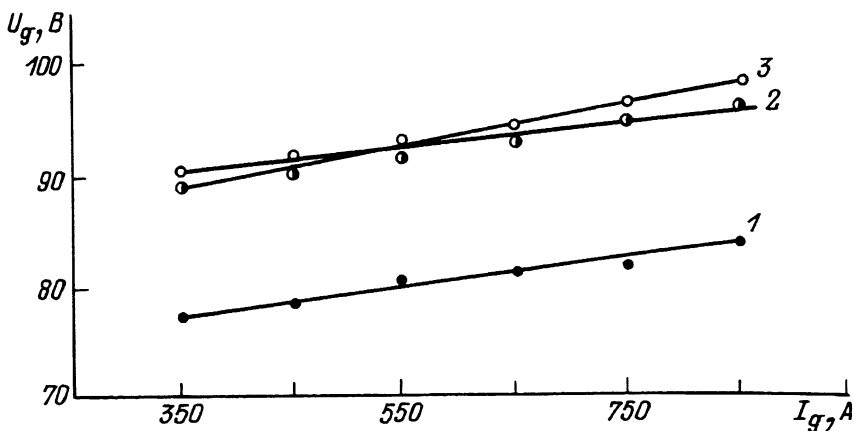


Рис. 2. Вольт-амперные характеристики разряда: 1 - в воздухе, длина дуги 60 мм; 2 - в воздухе, длина дуги 90 мм; 3 - в углекислом газе, длина дуги 90 мм.

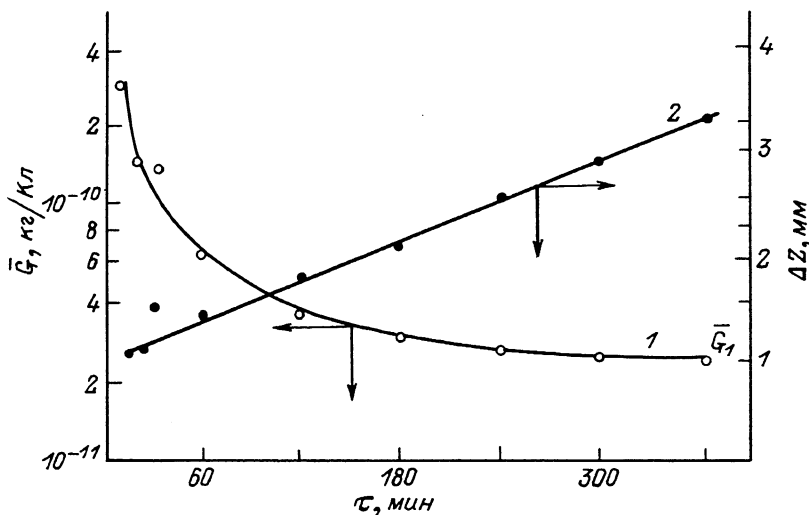


Рис. 3. Эрозионные характеристики оксидного катода в воздухе.  $\bar{G}$  - удельная эрозия,  $\Delta Z$  - линейное укорочение вставки,  $\tau$  - время работы катода. 1 -  $\bar{G} = f(\tau)$ , 2 -  $\Delta Z = f(\tau)$ .

Второй вид пусковой эрозии по значению величины на три порядка меньше первого. В этом случае запуск дугового разряда осуществляется в условиях подготовленной предыдущей работой катода эмиссионной пленки и спеченного материала вставки. Эрозия при стационарном режиме горения электродугового разряда определяется главным образом испарением материала эмиссионной пленки.

Обычно, характеризуя ресурс катода, приводят удельную массовую эрозию и в этом случае не различают виды эрозии, относя всю эрозию электрода к силе тока и времени горения дуги [3]. Этим объясняется, что значение удельной эрозии со временем работы катода снижается, асимптотически приближаясь к значению  $\bar{G}_1$ , характеризующему эрозию стационарного режима горения дуги (судя по рис. 3,  $\sim 2 \cdot 10^{-11}$  кг/Кл).

Столь низкая удельная эрозия катода объясняется действием эмиссионных добавок, позволивших, несмотря на высокие значения силы тока, снизить температуру катодного пятна [4]. Сложность в создании оксидного многокомпонентного катода заключалась в выборе эмиссионной добавки. Дело в том, что оксиды всех элементов подгруппы бериллия характеризуются высокой упругостью пара при температуре плавления основы эмиссионной пленки катода ( $T_{пл. ZrO_2} = 3003$  К) и значительной скоростью испарения.

Задача была решена путем выбора тех оксидов, которые создают наиболее термически прочные цирконаты. В этих условиях паровая фаза, равновесная с жидкой эмиссионной пленкой, состоит на 52–96 % из оксидов элементов подгруппы бериллия, но скорость их испарения не высока. Элементарный расчет показывает, что в малую удельную эрозию значительный вклад вносит обратный поток ионов элементов присадки из столба дуги на катод.

#### С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Быховский Д.Г. Плазменная резка. Л.: Машиностроение, 1972. 166 с.
- [2] Патон Б.Е., Мельник Г.А., Лакотский В.И. // Проблемы спец. электрометаллургии. 1977. В. 7. С. 81–85.
- [3] Жуков М.Ф., Пустогаров А.В., Дандарон Г.Н.Б., Тимошевский А.Н. Термохимические катоды. Новосибирск: Институт теплофизики СО АН СССР, 1985. 129 с.
- [4] Ковалев В.Н., Ляпин А.Н., Чурсин М.М. // Теплофизика высоких температур. 1981. Т. 19. № 6. С. 1156–1161.