

КАТОДНОЕ ПАДЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛОВ В РАЗЛИЧНЫХ СТАДИЯХ ГОРЕНИЯ ДУГОВОГО РАЗРЯДА ПРИ ЗАМЫКАНИИ КОНТАКТОВ

Представлены результаты изучения катодного падения потенциала в вакуумных дугах от стадии стационарного режима до стадии погасания дуги при замыкании электродов. Определены характерные стадии горения, отличающиеся величиной катодного падения, амплитудой колебаний и процессами разрушения электродов. На основании описанных закономерностей появляется возможность целенаправленно управлять величиной энергии, реализуемой в дуговом разряде.

В развитие исследований, описанных предыдущей статье, было проведено изучение катодного падения при замыкании электродов горячей дуги.

При замыкании электродов горячей дуги наблюдается обратный переход от 3-ей стадии с высоким значением U_c ко 2-ой стадии с соблюдением всех ее характерных свойств - низким значением U_c , малой амплитудой колебаний, а также характером разрушения электродов и величин зазора, зависимости от материала электродов. Снижение происходит плавно, а затем величина U_c стабилизируется вплоть до закорачивания электродов (фото 1).

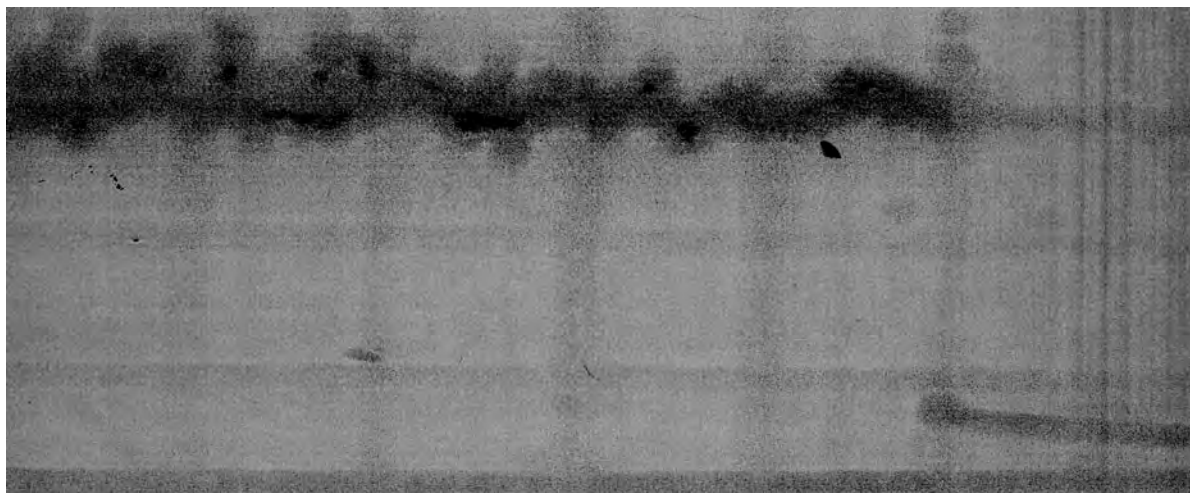


Фото 1.

Оциллограмма U_c во 2-ой стадии горения дуги при замыкании электродов.

Например, при сведении электродов катод-вольфрам, анод-алюминий со скоростью 10 см/сек $U_c = 12В$, оциллограмма длительностью 1мс горизонтальна, на поверхности вольфрамового катода следы ровного напыления алюминия 80%, а в центре катода пятно эрозии диаметром 5мм.

Однако есть и различия в величинах U_c во 2-ых стадиях при замыкании и размыкании электродов. Величина U_c перед замыканием на 1- 2В ниже, чем в момент размыкания.

Еще меньшее значение U_c достигается при медленном сведении электродов с малым усилием в, так называемом, состоянии «плавления контактов». Сжатие облака плазмы увеличивает концентрацию нейтральных атомов, уменьшает их «непроизводительный расход», повышая тем самым эффективность процессов ионизации и ионный ток, его долю в общем токе дуги. В результате наблюдается наименьшая величина U_c . Если замыкание и размыкание контактов проводить медленно с появлением продолжительной 2-ой стадии, то на оциллограмме напряжения горения дуги после размыкания электродов всплеск U_c , характерный для 1-ой стадии, не наблюдается (фото 2).

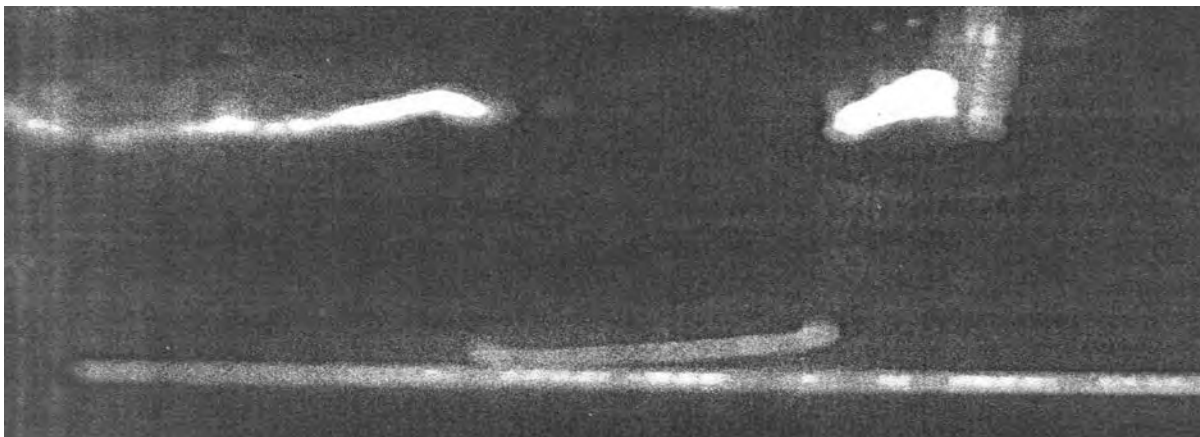


Фото 2.

Осциллограмма U_c во 2-ой стадии дуги при медленном замыкании и размыкании электродов.

Если замыкание контактов проводить быстро, то 2-ой стадии можно избежать и после отскока (размыкания) электродов на осциллограммах напряжения дуги, возникающей после отскока электродов, появляется всплеск, характерный для 1-ой стадии, снижение напряжения 2-ой стадии и напряжение на замкнутых электродах (фото 3).

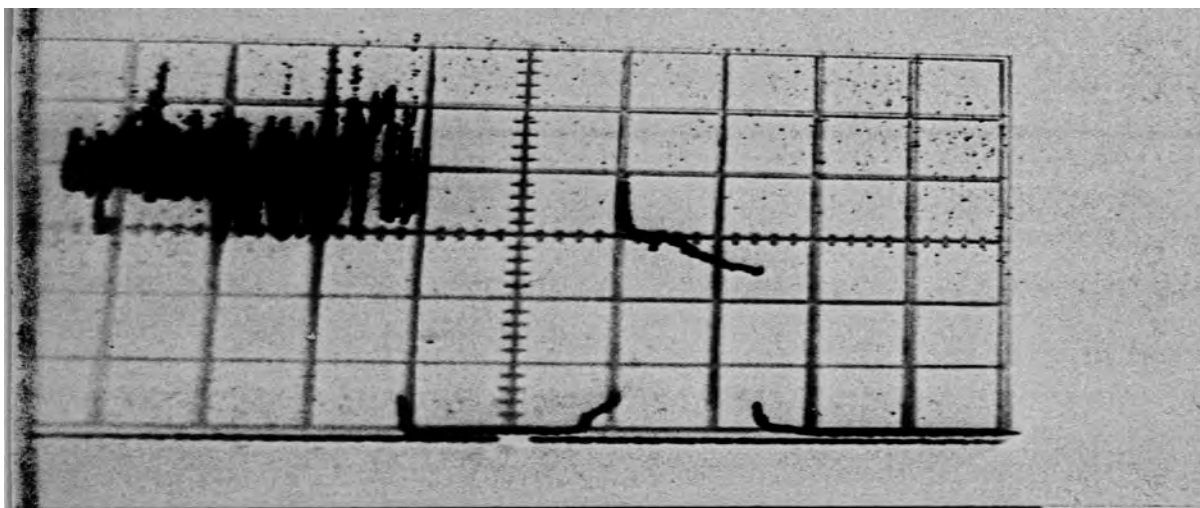


Фото 3.

Осциллограмма U_c в трех стадиях горения при быстром замыкании электродов с их отскоком.

Отдельно проводились исследования влияния работы выхода электронов материала анода на величину U_c в различных стадиях горения дуги. Установлено, что применение анода из торированного вольфрама с пониженной работой выхода не изменяет величину U_c в 1-ой и 3-ей стадиях в сравнении с чистым вольфрамовым анодом. Этот эксперимент показал, что в вакуумной дуге перед анодом нет ни положительного, ни отрицательного анодного падения потенциала. В противном случае, изменение работы выхода электронов материала анода отразилось бы на величине напряжения горения дуги ее увеличением или уменьшением.

Можно было бы предположить, что увеличение напряжения горения при увеличении расстояния электродов, является доказательством наличия падения потенциала в положительном столбе дуги между прикатодной и прианодной областями вакуумной дуги.

Однако наличие высокого напряжения горения в 1-ой стадии при минимальном зазоре, исключающем наличие столба, равном (в пределах разброса) напряжению в 3-ей стадии, указывает на отсутствие напряжения на положительном столбе вакуумной дуги.

Применение анода из торированного вольфрама с 5% содержанием двуокиси тория приводит к снижению U_c во 2-ой стадии в дугах с по сравнению с анодом из чистого вольфрама, что связано с поступлением на поверхность катода торированного вольфрама или двуокиси тория.

Исследования U_c в вакуумных дугах постоянного тока, проведенные по изложенной методике, позволили установить, что цикл горения слаботочной дуги (единицы- десятки ампер) от размыкания до замыкания контактов включает три основные стадии. Эти стадии горения дуги отличаются величиной U_c , амплитудой колебания и характером воздействия дуги на поверхность электродов.

1-ая стадия горения дуги – это стадия формирования катодных пятен дугового разряда при разрыве электродов.

2-ая стадия это - стадия функционирования катодных пятен на пленочных катодах из материала, поступившего с анода при высокой концентрации нейтральных атомов в прикатодной области.

3-я стадия это- стадия горения дуги в парах металла катода.

Величина всплеска U_c в 1-ой стадии и в 3-ей стадии, которые различаются незначительно, определяются затратами энергии на теплофизические процессы в дуге, а величина U_c во второй стадии – величиной энергии, необходимой, в основном, на эмиссионно-ионизационные.

U_c во 2-ой ст. определяется ионизационными характеристиками при высокой плотности паров металла. U_c в 3-ей напротив - теплофизическими процессами поставки нейтральных атомов.

Изучены основные закономерности изменения U_c при изменении режима горения дуги, величины межэлектродного зазора и материала как катода, так и анода, формы контактной поверхности электродов, исследованы колебания U_c на различных стадиях горения дуги.

Проведенные исследования показали, что каждой стадии горения дуги соответствует свой характер разрушения поверхности электродов, что определяет величину U_c .

На основании описанных закономерностей изменения U_c появляется возможность целенаправленно управлять величиной энергии, реализуемой в дуговом разряде. Это позволит повысить качество аппаратов, использующих различные стадии горения. Например, увеличивая длительность 1-ой стадии с высоким уровнем U_c , можно повышать скорость нанесения металла в электроконтактной технологии. Меняя форму электродов можно менять скорость и характер их разрушения во 2-ой стадии при низком уровне U_c и т.д.

Исследования также показали пути исключения стадий, нежелательных для работы различных устройств.

Лапишин В.А. в.н.с. НИИПФП им. А.Н.Севченко БГУ, к.ф.-м.н., Минск, Беларусь.
e-mail: niipfp@bsu.by.