

УДК 533.9.03

Габдрахманов Аз.Т., кандидат технических наук, доцент, Набережночелнинский институт ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»;

Галиакбаров А.Т., кандидат технических наук, доцент, Набережночелнинский институт ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»;

Габдрахманов Ал.Т., магистрант, Набережночелнинский институт ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет».

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПАРОГАЗОВОГО РАЗРЯДА С АЛЮМИНИЕВЫМ АНОДОМ И ЖИДКИМ КАТОДОМ

Аннотация. В данной работе проводится экспериментальное исследование парогазового разряда алюминиевым анодом и жидким катодом

Ключевые слова. Плазмотрон, плазменный генератор, газовый разряд

Физика электрических разрядов развивается уже очень давно. Наиболее интенсивное время развития физики и техники электрических разрядов в газах связаны с актуальными, на данный момент, научно-техническими проблемами. В последние годы внимание исследователей привлечено к электрическим разрядам в газах между металлическими и электролитическими электродами, то есть к источникам низкотемпературной плазмы. Такие источники обладают рядом достоинств, что объясняет большой интерес к ним [1-3.]. Во-первых, это, конечно же, легкость управления режимами горения путем изменения концентрации и состава электролита. Когда методы обработки изделий более трудоемки, дорогие или отсутствует возможность применять их по каким-то разным причинам (например, экологическим), то можно применить обработку изделий с помощью плазмы между металлическим и электролитическим электродами. Это, во-вторых. И, в-третьих, благоприятно сочетаются высокая температура нагрева и элементы электролита в возбужденном состоянии, что позволяет осуществлять нагрев металла и сплавов в электролите,

электротермическую обработку материалов [3]. На самом деле список достоинств таких разрядов не ограничивается только тремя.

Парогазовые разряды между металлическими и электролитическими электродами представляют большой интерес как генераторы неравновесной плазмы. Низкотемпературная плазма с указанными свойствами имеет множество эффектов полезных с точки зрения технологических применений: очистка металлических поверхностей [4, 5] и их полировка; одностадийность получения мелкодисперсного порошка из металлов при атмосферном давлении; синтез органических соединений в растворах электролитов и др. Расширяется область применения разряда между металлическим и электролитическим электродами. В последние годы определились новые направления применения парогазового разряда между металлическим и жидким электродами в электронике, машиностроении и в плазмохимии.

В данной работе рассматриваются особенности парогазового разряда с алюминиевым анодом и жидким катодом при атмосферном давлении в диапазоне межэлектродного расстояния $l=2\div 8$ мм и диаметром анода $d=1,6\div 5$ мм.

На рисунке 1 представлена функциональная схема установки. Принцип действия установки рассматривается на примере получения разряда между металлическим и жидким электродами.

Разрядная область 1 находится в воздушном пространстве между жидким электролитом 2 и алюминиевым анодом 3. В окружающую атмосферу из разрядной области истекает плазменный поток 4.

Внутри катодного узла циркулирует поток электролита, что создает благоприятные условия для снижения тепловых потерь на катоде. Циркуляцию электролита обеспечивает с помощью гидронасоса 5. В теплообменнике 6 осуществляется съем тепла от электролита.

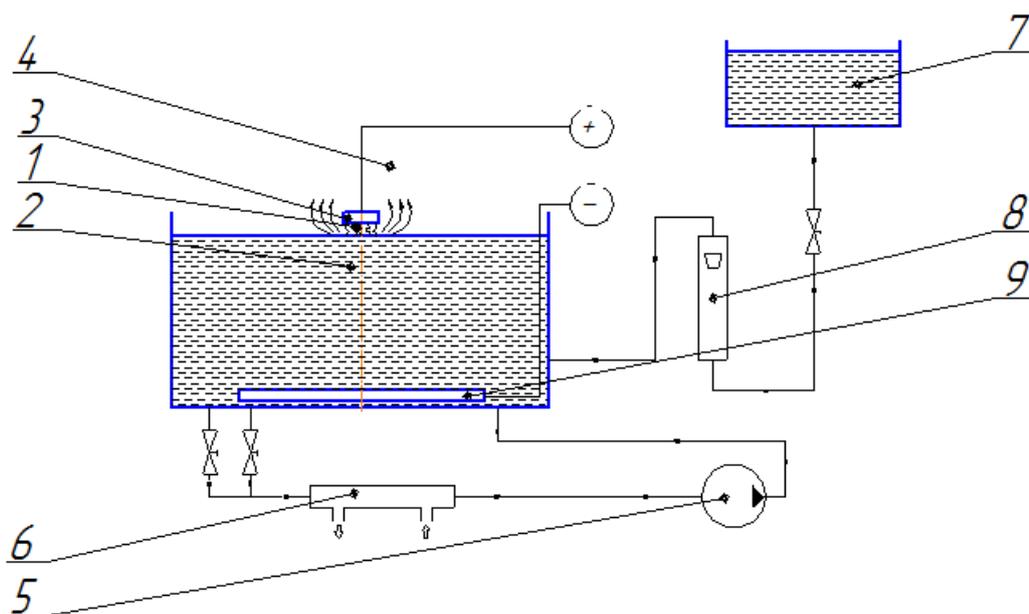


Рис. 1 – Функциональная схема установки.

Внутри катодного узла уровень электролита 2 поддерживается постоянным. Из емкости 7 происходит компенсирование электролита, который испаряется под воздействием газового разряда. Поплавковым ротаметром 8 контролируется расход добавляемого электролита.

Электрическое питание на электроды подается от трехфазного двухполупериодного выпрямителя, подключенного к вторичным обмоткам повышающего трансформатора. К отрицательному полюсу источника питания подключался медный токоподвод 9. Он заземляется. Регулировка выпрямленного тока осуществлялась непрерывным изменением напряжения на первичных обмотках трансформатора.

Экспериментально исследованы структуры, вольтамперные характеристики разряда между алюминиевым анодом и электролитическим катодом при атмосферном давлении при различных межэлектродных расстояниях.

Важнейшей характеристикой дугового разряда является вольтамперная характеристика (далее ВАХ). ВАХ – представляет собой зависимость падения напряжения на элементе электрической цепи от протекающего через него тока.

Если сопротивление элемента не зависит от тока, то вольтамперная характеристика—прямая линия, проходящая через начало координат. ВАХ нелинейных элементов электрической цепи (электривакуумные, газоразрядные, твердотельные приборы и др.) имеют нелинейные участки и разнообразную форму.

На рисунке 2 показана ВАХ многоканального разряда при атмосферном давлении между алюминиевым электродом и технической водой при $d=4,5\text{ мм}$ и различных межэлектродных расстояниях.

Вольтамперные характеристики разряда получились возрастающими (рисунок 2). На ВАХ разряда также оказывают влияние изменение толщины слоя электролита в зоне действия разряда, повышение температуры электролита во время горения разряда и др.

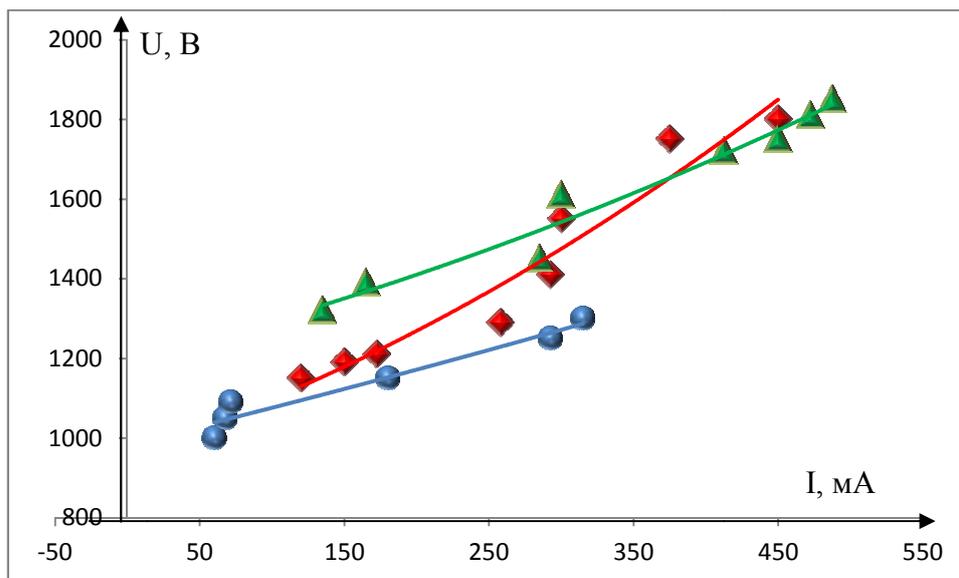


Рис. 2 – ВАХ разряда диаметр электрода $d=4,5\text{ мм}$, жидкий электрод-дистиллированная вода; ●- $L(\text{межэлектродный зазор})=2\text{ мм}$; ■- $L=4\text{ мм}$; ▲- $L=6\text{ мм}$;

В ходе проведённых экспериментальных исследований были получены фотографии разряда при различных режимах (рисунок 3).

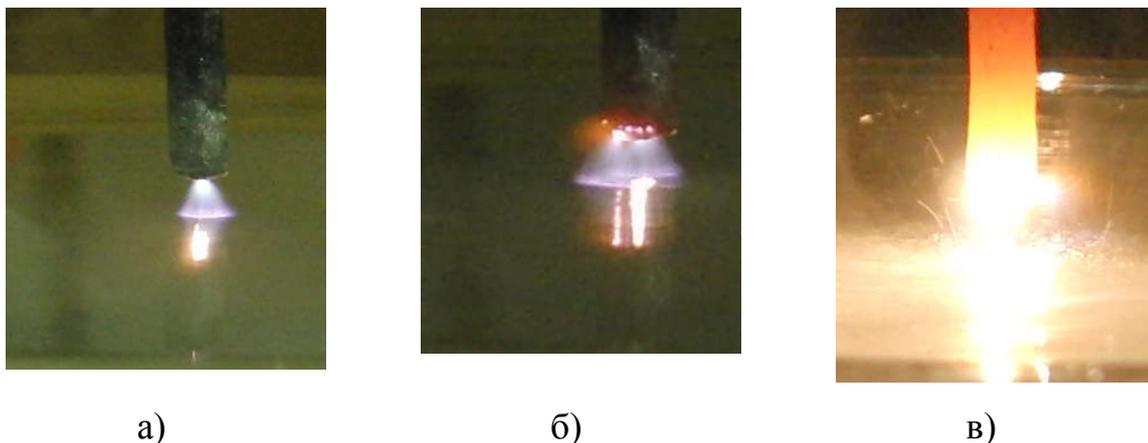


Рис. 3 – Фотографии разряда диаметр электрода $d=4,5$ мм, жидкий электрод- дистиллированная вода; а) $U=1150$ В, $I=120$ мА; б) $U=1210$ В, $I=172$ мА; в) $U=1800$ В, $I=450$ мА;

Многоканальный разряд между алюминиевым анодом и электролитическим катодом имеет форму усеченного конуса при атмосферном давлении с резко очерченными границами, в объеме которого хаотически перемещаются нитевидные линии. С ростом межэлектродного расстояния эти линии распадаются на отдельные, ярко очерченные каналы. Нижнее, большее основание является катодным пятном, а верхнее-анодным. В результате воздействия разряда электролит испаряется. Его пары поступают в положительный столб через катодное пятно. Сила паров несколько деформирует катодное пятно, поэтому поверхность жидкости не является плоской. Ее выпуклость обращена в глубину электролита.

В результате выполненной работы исследованы особенности, геометрия и структура парогазового разряда между алюминиевым анодом и электролитическим катодом. Установлено, что при атмосферном давлении в исследованном диапазоне напряжений, токов и межэлектродных расстояний вольтамперные характеристики многоканального разряда между твердым и жидким электродом имеют возрастающий характер.

Литература

1. Плазмотроны: конструкции, характеристики, расчет / А.С. Коротеев, В.М. Миронов, Ю.С. Свирчук. - М.: Машиностроение, 1993. -296с.
2. Генерация низкотемпературной плазмы и плазменные технологии: Проблемы и перспективы. - Новосибирск, 2004. - С. 246-253.
3. Электрофизические процессы в разрядах с твердыми и жидкими электродами. - Свердловск: Урал, 1989. - 432с.
4. Исрафилов И.Х., Саубанов Р.Р., Рахимов Р.Р. Метод плазменной очистки поверхности металлов // Социально-экономические и технические системы: исследование, проектирование, оптимизация. – 2010. - №3.
5. Габдрахманов Аз.Т., Исрафилов И.Х., Галиакбаров А.Т. Плазменная очистка металлических поверхностей // Машиностроение и техносфера XXI века. - Сб. трудов XXII международной научно-технической конференции в г. Севастополе, 14-19 сентября 2015 г. – Донецк: ДонНТУ, 2015. - Т.1. –С. 57-59.

*Gabdrakhmanov Az.T., candidate of technical Sciences, associate Professor, Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University;
Galiakbarov A. T., candidate of technical Sciences, associate Professor, Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University;
Gabdrakhmanov Al.T., undergraduate, Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University/*

Abstract. In this work, a pilot study of steam and gas discharge of aluminum anode and a liquid cathode

Key words. Plasmotron, plasma generator, gas discharge