

*к.т.н. Мурга В.В.,
Омеман Дж.,
Антропов И.И.
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЛАЗМОТРОНА С ЖИДКИМ КАТОДОМ ДЛЯ УПРОЧНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ МАТЕРИАЛОВ

Представлено аналіз використання плазмотронів з рідким катодом для різних технологічних операцій. Розглянуто механізм дії слабострумових розрядів між рідким електродом і металевою поверхнею. Проведено обґрунтування доцільності використання плазмотронів з рідким електродом.

Ключові слова: *плазмотрон з рідким катодом, коронний розряд, дуговий розряд, зміцнення поверхні.*

Представлен анализ использования плазмотронов с жидким катодом для различных технологических операций. Рассмотрен механизм действия слаботочных разрядов между жидким электродом и металлической поверхностью. Проведено обоснование целесообразности использования плазмотронов с жидким электродом.

Ключевые слова: *плазмотрон с жидким катодом, коронный разряд, дуговой разряд, упрочнение поверхности.*

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Газовые разряды с жидкими электродами представляют практический интерес как источники неравновесной плазмы с большим отрывом электронной температуры от температуры тяжёлых частиц. Газоразрядная плазма с такими свойствами даёт возможность получать недостижимые другими путями технологические эффекты, к числу которых относятся: полировка металлических поверхностей с одновременным уменьшением параметра шероховатости Ra от 0,40 до 0,20 мкм и менее; синтез органических соединений в растворах электролитов и др. Перспективность использования генераторов неравновесной газоразрядной плазмы с жидкими электродами в этих целях подтверждается результатами многих экспериментальных исследований.

Однако возможности технологических применений генераторов неравновесной газоразрядной плазмы с жидкими электродами ещё мало изучены. Актуальность исследований в этом направлении обуславливается целым рядом причин: дешевизной жидких электродов, высокой

степенью экологической чистоты технологических процессов с применением неравновесной плазмы газового разряда с жидкими электродами и другие.

Анализ исследований и публикаций. В настоящее время нет теории газового разряда с жидкими электродами. Отсутствуют систематические экспериментальные исследования неравновесной плазмы газового разряда с жидкими электродами при повышенных токах и мощностях.

В отличие от разрядов дугового типа разряды с жидкими электродами горят при относительно высоком напряжении $U \geq 10^3$ В и низкой плотности тока $j \approx 10^{-1} - 1$ А/см². Изменение состава и концентрации электролита обеспечивает возможность управления режимом горения в широких пределах. Длительность горения разряда, которая при использовании металлических электродов обычно лимитируется их эрозией, для жидких электродов практически не ограничена. Электроды широко используются для обработки металлических поверхностей, нанесения покрытий различного назначения и так далее [1].

В работе [2] представлены результаты экспериментального исследования электрического разряда в воздухе при атмосферном давлении между твёрдым анодом и жидким катодом в виде электролита, который смачивает пористый диэлектрик. Электролитом служили техническая вода и водные растворы NaCl различной концентрации. Исследования проводились при токах $I = 0,2...3,5$ А, межэлектродных расстояниях = 5...50 мм и диаметре пористого диэлектрика $d = 40...90$ мм.

Отличительные особенности проявляются в тех режимах, когда электролит интенсивно испаряется с поверхности диэлектрика, не образуя сплошной плёнки на рабочей поверхности. Образующийся поток пара электролита с поверхности катода в сторону анода. Объёмная структура, ток и напряжение разряда зависят от режима поступления электролита на рабочую поверхность диэлектрика. При расходах электролита, когда он кипит на поверхности или внутри пористого диэлектрика в приповерхностном слое, разряд состоит из множества микроканалов, сгруппированных в несколько струй. Разряд горит с характерным шумом. С увеличением тока громкость шума возрастает.

Наличие потока паров электролита подтверждается также и возможностью поддержания разряда при достаточно больших межэлектродных расстояниях. При концентрации NaCl равном 0,5 % вертикальный разряд сравнительно устойчиво горит в промежутке длиной = 50 мм между медным анодом (25 мм) и пористым диэлектриком диаметром 40 мм. При этом ток и напряжение изменялись в пределах, соответственно, 1,5...3,0 А и 700...750 В. Амплитуда колебаний тока составляла 0,1 А, амплитуда колебаний напряжения - 50 В.

Постановка задачи. Целью данной работы является поиск новых способов получения плазмы газового разряда с жидкими электродами, а также экспериментальное исследование свойств такой плазмы с целью расширения возможностей её технологического применения.

Изложение материала и его результаты. Высоковольтные электрические разряды между металлическим анодом и жидким электролитным катодом обладают рядом технологических возможностей. Например, они позволяют получить оксидные порошки [3]. Подробное внешнее описание разряда при малых токах приводится в [4]. При малых токах и токах менее 1 А разряд имеет многоканальную структуру с диффузными электродными пятнами как это имело место в условиях работы [4]. Различие во внешнем виде появляется когда межэлектродное расстояние превышает 5 мм. В этом случае внутри объёма разряда наблюдаются ярко-белые контрагированные каналы, опирающиеся на анод. Количество каналов зависит от формы и размеров анода, а также от тока. При повышении тока эти каналы удлиняются в сторону катода.

При анализе вольтамперных характеристик [2] (рис. 1), видно, что для того, чтобы разряд горел непрерывно, необходимо поддерживать расход электролита через пористый диэлектрик в определённых пределах. Пунктирный участок соответствует режиму кипения электролита.

Как и в случае разряда между твёрдым анодом и электролитом, налитым в сосуд, при увеличении концентрации электролита напряжение разряда падает, что свидетельствует о поступлении паров электролита в разряд. Материал твёрдого анода на напряжение разряда практически не влияет.

Обобщая результаты исследований, можно сделать следующие выводы. Применение катода в виде электролита, который смачивает пористый диэлектрик, позволяет: 1) располагать электроды в любом положении друг относительно друга; 2) поддерживать стабильный разряд при значительных межэлектродных расстояниях. Таким образом, существенно расширяются технологические возможности разряда и появляются новые варианты конструктивного исполнения плазмохимических аппаратов с электролитными разрядами.

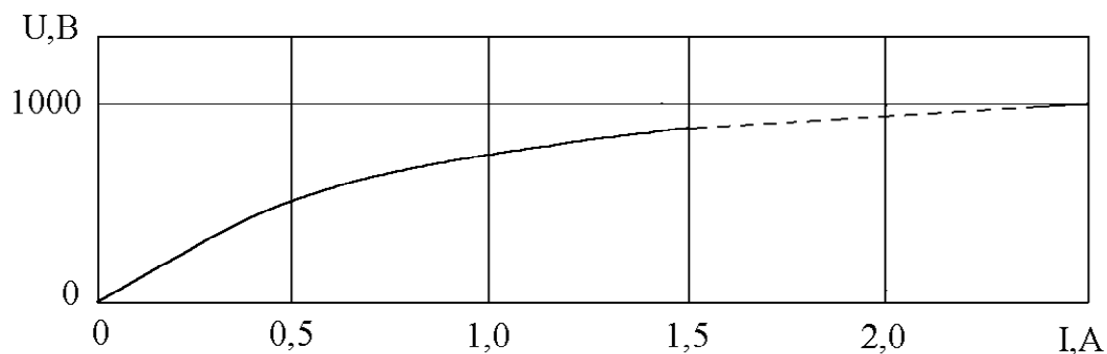


Рисунок 1 – Зависимость напряжения на электродах от тока
Катод - техническая вода, анод - медь диаметром 30 мм

Следует отметить, что для рассматриваемого случая при меньших токах в работах [4, 5] получены качественно иные, а именно, падающие вольтамперные характеристики (рисунок 2).

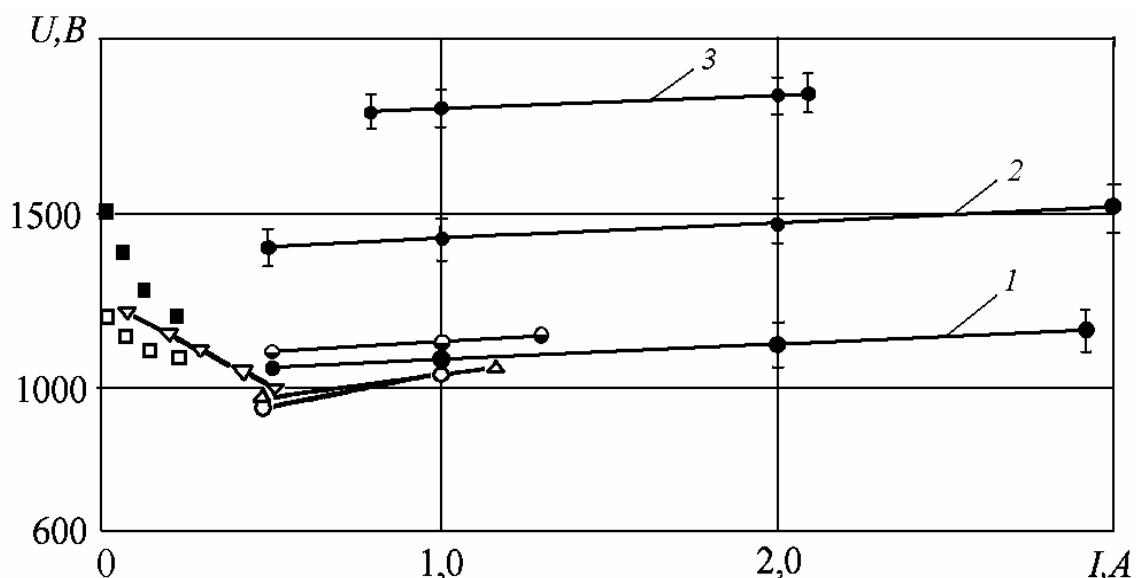


Рисунок 2 – Воль-амперные характеристики разряда
в плазматронах с жидким электродом при малых токах

При малых межэлектродных расстояниях (до 5 мм) вольтамперная характеристика разряда практически не зависит от формы и размеров анода. Во многих работах подтверждается, что когда ток равен 1 А разброс значений напряжения при изменении диаметра медного анода от 5 до 30 мм не превышает 80 В, что составляет около 8 % от номинального значения. Причём такой же разброс значений напряжения получается при повторных зажиганиях разряда с одним и тем же анодом. От формы анода зависит быстрота повышения напряжения при увеличении. В слу-

чае остроконечного анода при увеличении напряжение разряда растёт слабее. По-видимому, это является результатом влияния контрагированных каналов на проводимость разрядного промежутка. Таким образом, параметры разряда зависят от его структуры.

Исходя из следующего можно сделать выводы: при повышенных токах структура и параметры высоковольтного разряда с жидким катодом существенным образом зависят от расстояния между электродами. При < 5 мм разряд имеет однородную структуру, состоящую из множества микроканалов. При > 5 мм в структуре разряда появляются контрагированные каналы и объём разряда существенно уменьшается.

Выводы:

По результатам проведённых исследований можно сделать вывод, что на длительность работы электрода влияет химический состав электролита. Чем меньшее количество солей содержится в электролите, тем больше вероятность того, что на поверхности электрода не будет излишних отложений. Это способствует непрерывной работе электрода. Жидкие электроды являются перспективным конструктивным новшеством.

Подводя итоги, следует отметить, что энергетические характеристики плазмотрона с жидкометаллическими электродами аналогичны характеристикам традиционных плазмотронов с твердыми электродами с фиксированной длиной дуги. Отсутствие эрозии электродов позволяет расширить возможности для исследования дуги и получить обобщенные зависимости для более широкого диапазона критериев моделирования разряда. Данный вид плазмотрона целесообразно использовать для утилизации отходов. Полученные обобщенные зависимости могут использоваться для расчета плазмотронов большей мощности.

Библиографический список

1. Гайсин Ф.М. Электрофизические процессы в разрядах с твердыми и жидкими электродами / Гайсин Ф.М., Сон Э.Е. - Екатеринбург: Уральский университет 1989. - С. 357–376. – (Уральский университет).

2. Гайсин Ф.М. Исследование атмосферного многоканального электрического разряда с жидким катодом в пористой диэлектрике / Гайсин Ф.М., Тазмиев Б.Х. // Материалы 9 школы по плазмохимии для молодых учёных России и стран СНГ. – Иваново, 1999. - Изд-во ИГХТУ. – С. 242–243.

3. Валиев Р.А. Влияние характеристик разряда на интенсивность образования и дисперсность порошка. / Валиев Р.А., Гайсин Ф.М., Шакиров Ю.И. // Электронная обработка материалов. - 1991. - №3. – С. 32-34.

4. Морозова Н.К. ЯМР – исследования жидкостей, обработанных парогазовым разрядом / Морозова Н.К., Галимова Р.К. и др. // Вестник КГТУ им. А.Н. Туполева. – Казань, 1997. - N4. – С. 224–228.

5. Гайсин Ф.М. Исследование высоковольтного электрического разряда между металлическим анодом и жидким электролитическим катодом при повышенных токах / Ф.М. Гайсин, Б.Х. Тазмиев // Электронный журнал ИГХТУ. – Иваново. – 2000. - 256 с.

Рекомендована к печати д.т.н., проф. Заблодским Н.Н.