

Введение В настоящее время возможности модификации материалов и изделий с использованием традиционных методов обработки практически исчерпаны. Новые технологические процессы позволяют экономить реагенты, сырье, повышать производительность труда, качество, надежность и долговечность изделий [1-3]. Одной из наиболее перспективных технологий является плазменная обработка материалов и изделий, в том числе с применением для этих целей неравновесной низкотемпературной плазмы электрического разряда между электролитическим анодом и погруженным твердым катодом в электролит. Этот вид разряда характеризуется следующими параметрами: концентрация электронов в разряде, температура электронов и температура газа $T \approx 1000 - 5000$ К. Неравновесная низкотемпературная плазма электрического разряда обеспечивает повышение эффективности таких технологических процессов, как очистка материалов с одновременной полировкой, упрочнение, газонасыщение и активация поверхности твердых тел. Этот вид разряда позволяет производить обработку поверхностей материалов, обеспечивает одностадийное получение металлического порошка, нанесение тонких пленок металлов, синтез органических соединений в электролите, очистку воды, стерилизация растворов и изделий. В настоящее время существуют четыре модификации системы «парогазовый разряд – электролитический электрод»: 1) разряды в парогазовой среде между электролитическим и металлическим электродами; 2) разряды в парогазовой среде между электролитическими электродами; 3) разряды в парогазовой оболочке вокруг металлического электрода, погруженного в электролит; 4) микроразряды на погруженном в электролит аноде, покрытом слоем диэлектрика. Несмотря на большие возможности использования электрического разряда в промышленности, набор имеющихся в литературе экспериментальных данных не позволяет судить о закономерностях и механизмах разряда между электролитическим анодом и погруженным твердым катодом в электролит в процессе модификации материалов и изделий. Экспериментальная установка и методика измерений Установка предназначена для исследования электрического разряда с металлическим катодом, погруженным в электролитический катод при атмосферном и пониженных давлениях. Функциональная схема экспериментальной установки представлена на рис. 1. Рис. 1 - Многофункциональная схема экспериментальной установки Основными частями экспериментальной установки являются: трёхфазный источник электропитания 1 напряжением 380/220 В и частотой 50 Гц, выпрямитель 2, выпрямитель для блока управления 3, источник опорного напряжения 4, устройство управления 5, вакуумная камера 6, разрядное устройство 7. Разрядное устройство состоит из диэлектрической ванны 8 с электролитом 9, пластины 10 для подвода отрицательного потенциала в электролит, металлического анода 11, а также вакуумного насоса 12 типа 2НВР-5ДМ. Рабочее

давление в вакуумной камере регулируется изменением скорости откачки воздуха, а измеряется вакуумметром ВТИ модель 1218 класса точности 0,6.

Обсуждение результатов исследований

Результаты экспериментального исследования развития электрического разряда с металлическим катодом, погруженным в электролитический анод представлены при напряжении разряда $U = 320 \text{ В}$, тока разряда $I = 50 \text{ А}$. В качестве электролита используется 3% раствор поваренной соли в технической воде. Твердый катод входит на половину в электролитический анод. Видеосъемка проводилась на видеокамеру SONYHDR-SR72E. Время экспозиции одного кадра составляет $t = 0.04 \text{ с}$, а полное время развития разряда $t = 0.72 \text{ с}$. После включения источника питания при $t = 0.01 \text{ с}$ вокруг стального металлического катода наблюдается объемный разряд, который распространяется вдоль металлического катода вверх. При этом начинается интенсивное испарение поверхности электролита. У поверхности электролитического катода начинается интенсивное турбулентное перемешивание плазмы и электролита. Как видно из фотографии рис.2, при $t = 0.02 \text{ с}$ электролита и распыление материала катода в виде микрочастиц. Кроме того, на поверхности и внутри образуется пористый электролит. Наличие пористого электролита приводит к горению многоканального разряда в пористом объеме электролита. Анализ экспериментальных данных показал, что объемный разряд горит также вдоль металлического катода. Рис. 2 Наблюдается особенность горения электрического разряда с металлическим катодом, погруженным в электролитический анод. Вблизи верхней части металлического электрода объемный разряд начинает отделяться от катода. Между нижним и верхним объемный разрядом наблюдается горение электрического разряда со слабым свечением. С течением времени от $t = 0.02 \text{ с}$ до $t = 0.03 \text{ с}$ верхняя часть объемного разряда отделяется и начинает гореть вне электродов. Наблюдается еще одна особенность. Одновременно объемный разрядом горит многоканальный разряд кольцевой формы вокруг металлического катода, который приводит к интенсивному испарению электролитического анода. Рис. 3

Заключение 1. Изучено развитие электрического разряда с металлическим катодом, погруженным в электролитический анод. 2. Выявлено, что объемный разряд неоднородной формы может гореть вне электродов.