

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРЕЦИЗИОННОЙ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Поречный С. С., Маннапов А. Р.

ФГБОУ ВПО Уфимский государственный авиационный технический университет,
г. Уфа, Республика Башкортостан, Россия

Развитие современной аэрокосмической промышленности приводит к появлению новых высокопрочных материалов, усложнению конструкций изделий, повышению технических требований к точности и качеству обрабатываемых поверхностей. Механическая обработка обладает целым рядом недостатков, в частности приводит к быстрому износу рабочего инструмента, что затрудняет формирование сложнофасонных поверхностей, оказывает негативное механическое и термическое воздействие на обрабатываемую деталь в зоне обработки.

В качестве одного из способов повышения эффективности газотурбинной техники может применяться установка высокоэффективных щёточных и пальчиковых уплотнений газовоздушного тракта газотурбинных двигателей и энергетических машин, которые позволяют существенно сократить утечки рабочей среды между разделяемыми полостями.

Наиболее рациональным способом изготовления уплотнений можно считать применение методик импульсной электрохимической обработки (ЭХО) с вибрацией электрода-инструмента (ЭИ), основные преимущества которых состоят в отсутствии изменений поверхностного слоя, долговечности инструмента, низких значениях параметров шероховатости при работе на высоких амплитудных плотностях тока и высокая точность копирования формы и повторяемость процесса при работе на достаточно малых межэлектродных зазорах.

Известно, что одной из причин, сдерживающих более широкое применение ЭХО в промышленности, является сложность проведения технологических расчётов, базирующихся на математических моделях, комплексно описывающих физико-химические процессы, происходящие в межэлектродном пространстве (МЭП). Следует отметить, что большинство из известных математических моделей не верифицированы или являются не вполне адекватными.

В этой связи актуальным является разработка достаточно простых, но эффективных математических моделей, которые могут быть использованы в системах автоматизации проектирования технологических процессов.

Для исследования процесса импульсной ЭХО вибрирующим ЭИ была выбрана технологическая схема «трубка в трубку», заключающаяся в использовании трубчатого ЭИ. При этом внешний диаметр ЭИ несколько превышает внешний диаметр заготовки, а внутренний диаметр ЭИ меньше внутреннего диаметра заготовки, что позволяет избежать образования изменения боковой поверхности на заготовке. Подача электролита в МЭП под давлением осуществляется через центральное отверстие в ЭИ.

В работе проведено экспериментальное определение зависимости выхода по току от плотности тока для сталей двух марок: 12Х18Н9Т и 10Х11Н23Т3МР и форм выступов, возникающих на обрабатываемой поверхности при изготовлении уплотнений газовоздушного тракта ГТД.

Ранее при решении задач ЭХО принималось, что зависимость выхода по току от плотности тока либо постоянна, либо она аппроксимировалась гиперболой, либо дробно-квадратичной функцией. В данной работе зависимость выхода по току от напряженности моделировалась дробно-линейной функцией. Однако оказалось, что аппроксимация гиперболой имеет практически такую же погрешность. Использование гиперболы позволяет свести задачу исследования различных режимов обработки к расчетам форм при изменении всего лишь одного параметра.

На основе теории функций комплексного переменного предложена новая теоретико-эмпирическая двумерная математическая модель нестационарного процесса импульсной ЭХО вибрирующим ЭИ. Найдены формы выступов, возникающих на обрабатываемой поверхности при обработке плоским ЭИ со щелью.

В работе в качестве примера рассматривается задача нестационарной ЭХО плоским ЭИ со щелью, который движется вертикально вниз. Для решения задачи определяются краевые условия, строится форма области, соответствующая МЭП, на плоскости комплексного потенциала и на параметрической плоскости. Нестационарная задача сводится к решению системы обыкновенных дифференциальных уравнений численным методом с конечным шагом по времени.

В работе приводятся численные результаты, найдены формы обрабатываемой поверхности при различном времени обработки и шаге по безразмерному времени.

Показано, что установление стационарной формы происходит по экспоненциальному закону. С помощью методов фильтрации численных результатов найдены временные параметры, характеризующие скорость установления стационарных форм обрабатываемой поверхности. Найдены оценки вычислительной погрешности полученных численных значений.

Сравнение форм выступов на обрабатываемой поверхности, полученных экспериментально и теоретически показало их удовлетворительное совпадение.