

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЕВА
(национальный исследовательский университет)»

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ХАРАКТЕРИСТИК ИМПУЛЬСНОЙ
ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ**

Электронное методическое пособие

САМАРА
2010

Составители: СМИРНОВ Геннадий Владиславович
ПРОНИЧЕВ Николай Дмитриевич
КОШЕЛЕВ Виктор Валентинович

Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по специальности: 160301, 160302 «Авиационные двигатели и энергетические установки», изучающих курс «Технология производства АД и ЭУ» и магистерской программы «Энергетика, экология и двигательные установки ракетных и космических систем» по направлению 160700.68 «Двигатели летательных аппаратов».

Методические указания разработаны на кафедре производства двигателей летательных аппаратов.

© Самарский государственный
аэрокосмический университет, 2010

Содержание

<i>Цели и задачи работы и необходимое оборудование</i>	4
1. Оборудование, приборы и инструменты	4
2. Теоретические сведения	4
2.1. Катодная реакция	5
2.2. Анодные процессы	6
2.3. Закономерности электрохимического съема припуска металла	7
3. Содержание работы	8
3.1. Краткое описание конструкции установки ЭХО-12 и работы на ней	9
4. Порядок проведения эксперимента	10
5. Контрольные вопросы	11

Цели и задачи работы и необходимое оборудование

Цель работы – закрепление теоретических знаний по электрохимической обработке (ЭХО) деталей, освоение методики выбора оптимальных режимов (ЭХО), оценка технологических возможностей метода.

1. Оборудование, приборы и инструменты

1. Экспериментальная установка ЭХО-12 с источником и пультом управления.
2. Осциллограф, микрометр, штангенциркуль, секундомер, счетчик импульсов.
3. Микрокалькулятор.

2. Теоретические сведения

Прогресс в двигателестроении идет в направлении совершенствования эксплуатационных характеристик материалов деталей: прочности, твердости, жаропрочности и т.д., но при этом возрастают трудности, связанные с обработкой этих материалов. В значительной мере преодолеть эти трудности позволяют т. н. электротехнологии, к которым относится и электрохимическая обработка материалов (ЭХО). С физической точки зрения в основе ЭХО лежит процесс локального анодного растворения материала под действием электрического тока в растворе электролита. При этом электролит, как правило, интенсивно прокачивается между электродами в узком межэлектродном зазоре (МЭЗ). Метод ЭХО обладает следующими преимуществами по сравнению с традиционными методами механической обработки:

1. Возможность формирования сложных поверхностей при относительно простой кинематике рабочих органов станка.
2. Значительно меньшая зависимость основных технологических показателей обработки от физико-механических свойств обрабатываемых материалов.
3. Отсутствие износа инструмента.
4. Резкое снижение силового и температурного воздействия на обрабатываемую поверхность.
5. Съем обрабатываемого материала одновременно со всей поверхности.
6. Минимальное влияние ЭХО на физико-механические характеристики поверхностного слоя.

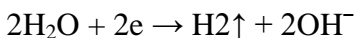
Основными недостатками ЭХО является: высокая энергоемкость процесса, необходимость специальных источников питания, сложность изготовления электрода-инструмента, необходимость высокой технологической культуры рабочего, обслуживающего электрохимическое оборудование.

Технологические характеристики электрохимической обработки определяются электродными процессами (т.е. процессами, протекающими на поверхностях анода и катода).

Катод и анод являются проводниками 1 рода (ток – движение электронов). Раствор является проводником 2 рода (ток – движение ионов). Скорость процессов, протекающих на границе раздела электрод – электролит, характеризуется потенциалами соответственно на катоде – φ_k , а на аноде – φ_a . Поэтому на границе электрод – электролит должна протекать электрохимическая реакция.

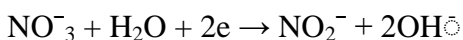
2.1. Катодная реакция

Суть катодного процесса – выделение водорода по схеме:



или восстановление анионов электролита. При этом на поверхности катода формируется газожидкостный слой, обладающий повышенным электрическим сопротивлением. Этот слой может оказывать влияние на процесс насыщения поверхностного слоя обрабатываемой заготовки водородом, т.е. наводороживания.

Кроме того, газонаполнение электролита является одной из главных неравномерного распределения тока по длине межэлектродного промежутка в направлении потока электролита. Это, в конечном счете, ведет к снижению точности ЭХО. В нитратосодержащих электролитах (содержащих анион NO_3^-) наряду с процессом выделения водорода происходит восстановление иона NO_3^- . Первую стадию этого процесса можно записать следующим образом:



В благоприятных условиях реакция может идти дальше через ряд стадий вплоть до образования аммиака (NH_3). Т.е. при обработке в нитратосодержащих электролитах газонаполнение межэлектродного промежутка меньше и точность обработки при прочих равных условиях выше.

2.2. Анодные процессы

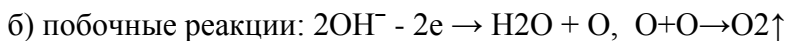
Процессы, протекающие на поверхности анода (обрабатываемой заготовки) при прохождении тока через границу раздела фаз электролит – электрод, определяют весь комплекс технологических характеристик ЭХО, а также режимы обработки.

На аноде происходят основные процессы – ионизация металла заготовки и побочные процессы, наиболее важным из которых является выделение кислорода. Реакции в общем виде можно записать:

а) основная реакция: $\text{Me} \rightarrow \text{Me}^{n+} + ne$.

Продуктом анодной реакции может быть соединение ионов металла с каким-либо частицами из раствора. Переходящие в раствор ионы металла взаимодействуют с водой – гидратируют.

Частичная диссоциация гидратированных ионов приводит к образованию гидроокиси и подкислению раствора:



При этом происходит выделение молекулярного кислорода. Для того, чтобы процесс анодного растворения протекал непрерывно, необходимо удалять с обрабатываемой поверхности гидроокиси и газообразные продукты потоком электролита. Валентность (n) основной реакции и интенсивность побочного процесса (выделения кислорода) определяют величину выхода по току на аноде (η). Эта характеристика определяется отклонением практического удельного съема металла на единицу пропущенного электричества к его теоретическому значению, определяемому законом Фарадея. Распределение выхода по току на поверхности анода определяет интенсивность растворения в данной точке, т.е. скорость выравнивания припуска.

2.3. Закономерности электрохимического съема припуска металла

При электрохимической обработке закономерности анодного растворения определяются законами Ома и Фарадея. В соответствии с этими законами скорость электрохимического растворения металла в точке анода может быть определена по уравнению:

$$V_{\text{эx}} = \frac{\eta \varepsilon \chi (U - \varphi_a - \varphi_k)}{a}, \quad (1)$$

где η – выход по току материала,

ε – электрохимический эквивалент материала анода,

χ – электропроводность электролита,

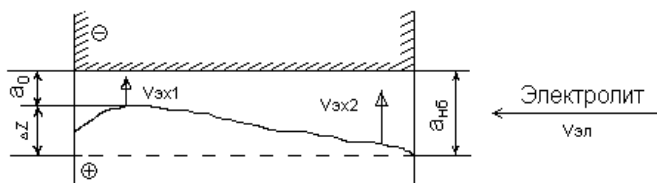
U – напряжение на электродах,

φ_a , φ_k – потенциалы катода и анода,

a – величина межэлектродного зазора.

Анализ показывает, что скорость растворения зависит от межэлектродного зазора, и величины напряжения на электродах, а также электрохимических свойств пары материал – электролит, которые характеризуются параметрами η , ϵ , λ , ϕ_a , ϕ_k .

При стабилизации внешних параметров процесса напряжения на электродах, температуры электролита, скорости растворения на различных участках анода будут определяться величиной зазоров между анодом и катодом на этих



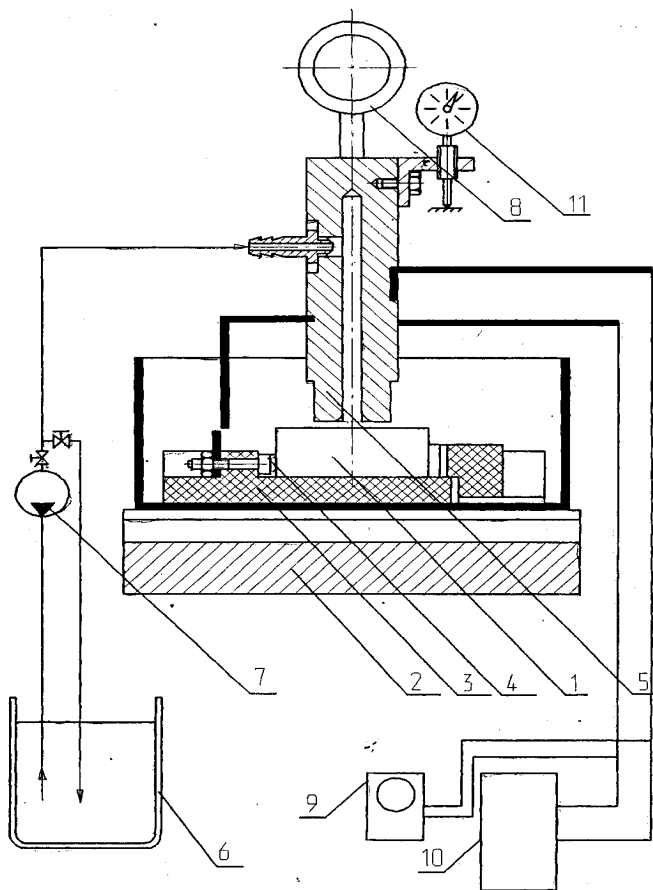
3. Содержание работы

Работа состоит из двух частей. В первой части студенты изучают сущность ЭХО, закономерность формообразования поверхности, расчетным путем определяют время, необходимое для съема припуска заданной величины по схеме с неподвижным электродом-инструментом для разных величин начальных зазоров a_0 .

Во второй части работы – экспериментальной – студенты проводят исследования на экспериментальной установке ЭХО-12: снимают заданную величину припуска при разных величинах начального зазора, определяют избирательную способность электролита, измеряют шероховатость поверхности после ЭХО, сопоставляют расчетную и экспериментальную величины времени обработки.

3.1. Краткое описание конструкции установки ЭХО-12 и работы на ней

Принципиальная схема установки приведена на рисунке. Заготовка 1 устанавливается на стол 2 и прижимается прихватом 3 с закрепленным на нем токопроводе 4. Управление установкой осуществляется с помощью пульта управления. После закрепления детали включается прокачка электролита через электрод-инструмент 5. Электролит выбирается из бака 6 и прокачивается насосом 7. Электрод с помощью механического привода 8 подводится до касания с заготовкой, которое фиксируется по механическому индикатору. Затем электроды отводятся на заданный зазор. Величина зазора определяется по индикатору. Рабочие импульсы напряжения подаются на электроды от источника питания 12. Величины напряжения и тока контролируются по осциллографу. Для этого на пульте источника выведены две соответствующие клеммы.



4. Порядок проведения эксперимента

1. Студент получает от преподавателя исходные данные для расчета:

a_0 , Z , $\Delta U = 25\text{В}$, $\chi = 6.72\text{ Ом/м}$, $\varepsilon = 0.0022\text{ см}^3/\text{А}$, $\gamma = 2.8\text{ г/см}^3$, $\eta = 1.0$.

2. Рассчитывается величина τ_0 , необходимая для съема величины припуска $Z = ak - a_0$ для начальных зазоров a_{01} , a_{02} , a_{03} .

3. Взвесить на аналитических весах заготовки (образцы)

(Внимание! Нагружение весов осуществляется только в зафиксированном положении.)

4. Установить и закрепить заготовку на столе установки, включить прокачку электролита, выставить необходимую величину начального зазора a_0 , включить источник питания, обработать заготовку на заданном режиме и в течение времени τ_0 .

По осциллографу определить величины U_{\max} , U_{\min} (посчитать $U_{\text{ср}}$), определить величины J_{\max} , J_{\min} ($J_{\text{ср}}$), определить по формуле (5) реальное время τ_r .

По окончании обработки и достижении времени τ_0 отключить И.П., извлечь образец, промыть, вытереть, взвесить на аналитических весах. Рассчитать величину объемного и линейного съема.

Величина линейного съема рассчитывается по формуле:

$$a_k - a_o = \frac{\Delta P}{\gamma F_{\text{обр}}}$$

где $F_{\text{обр}}$ – площадь обрабатываемой поверхности (см^2);
 ΔP – разность весов заготовки и обработанной детали (г).

5. Повторить переход 4 для зазоров a_{02} , a_{03} .

6. Построить теоретическую и экспериментальную зависимости $\tau_r = f(a_0)$ и $\tau_{\Sigma} = f(a_0)$. Сделать вывод о влиянии начального зазора на производительность, шероховатость поверхности и локализацию процесса, о соответствии теоретических и экспериментальных результатов.

5. Контрольные вопросы

1. Какие классические законы используют при описании процесса ЭХО?
2. Какие химические реакции протекают на электроде-инструменте и заготовке в процессе ЭХО?
3. Назовите основные технологические показатели процесса ЭХО и их взаимосвязь.

4. Какие технологические схемы используются при электрохимической обработке деталей?
5. Назовите основные узлы установки ЭХО-12.