

Лабораторная работа № 7

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ

Цель работы – закрепление теоретических знаний об электрохимической обработке металлов; проведение экспериментальных исследований зависимости производительности процесса растворения металла заготовки от электрических режимов обработки.

7.1 Общие сведения о процессе электрохимической обработки металлов

Электрохимическая обработка (ЭХО) металлов основана на их способности растворяться в результате окислительных реакций, происходящих в среде электропроводного раствора (электролита) под действием на него постоянного электрического тока. Такой химический процесс растворения металлов называется *электролизом*. Схема электролиза показана на рисунке 7.1.

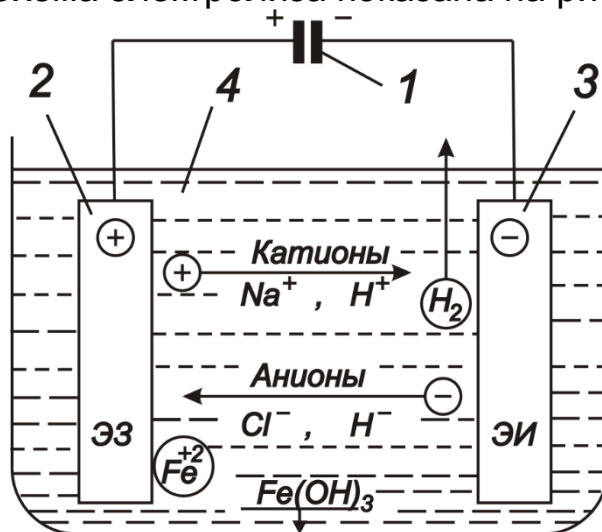


Рисунок 7.1 – Схема электролиза

Рассмотрим движение ионов в наиболее часто применяемом для ЭХО электролите – водном растворе хлористого натрия NaCl. При подаче на электроды напряжения от источника питания 1 анионы гидроксила и катионы водорода вместе с анионами хлора и катионами натрия под действием сил электрического поля перемещаются соответственно к катоду и аноду. Атомы поверхностного слоя анода 2, т. е. электрода-заготовки (ЭЗ), получая от движущихся к нему анионов Cl⁻ и OH⁻ дополнительные отрицательные заряды, превращаются в положительные ионы железа Fe⁺². Последние под действием катодных и анодных реакций взаимодействуют с ионами OH⁻ и образуют гидрат окиси

железа $\text{Fe}(\text{OH})_3$, который в виде нерастворимого химического соединения выпадает в осадок. Таким образом, происходит электрохимическое анодное растворение железа. Одновременно с этим на катоде 3, т. е. на электроде-инструменте (ЭИ), выделяется водород H_2 , выходящий из электролита 4 в виде пузырьков. Реакции, протекающие на катоде, как правило, не разрушают его, т. е. ЭИ при ЭХО не изнашивается.

Из схемы рисунка 7.1 видно, что электролиз происходит в межэлектродном промежутке (МЭП), где анодное растворение в нейтральных электролитах сопровождается образованием гидратов окиси металлов, которые выпадают в осадок и засоряют МЭП. Так, если доступ электролита на некоторые участки МЭП по каким-либо причинам затруднен или полностью прекращается, то нормальное течение процесса ЭХО в этом случае нарушается. Для нормализации процесса ЭХО необходимо, в частности, своевременно удалить продукты растворения (шлам) из МЭП, что обеспечивается при скорости истечения электролита от 5 до 20 м/с. Такие скорости позволяют выполнять обработку при повышенных плотностях тока (до 100 А/дм^2) и способствуют охлаждению электролита, нагреваемого большей силой тока.

7.2 Основные схемы процессов ЭХО

Под размерной ЭХО понимают процесс получения из заготовки детали требуемой формы и размеров за счет анодного растворения металла.

Существует несколько схем ЭХО:

1. Обработка с неподвижными ЭИ. По этой схеме получают отверстия в листовых металлах, наносят информацию, удаляют заусенцы, скругляют острые кромки, затачивают инструмент.

2. Прошивание углублений, полостей, отверстий. По этой схеме изготавливают рабочие полости ковочных штампов, прошивают отверстия, пазы, перья лопаток турбин.

3. Протягивание наружных и внутренних поверхностей в заготовках, имеющих предварительно обработанные поверхности, по которым можно базировать ЭИ. По этой схеме выполняют чистовую обработку цилиндрических отверстий, шлицев, винтовых канавок.

4. Разрезание заготовок. ЭИ служит вращающийся диск. По этой схеме выполняют пазы, щели, подрезку пружин.

5. Шлифование или полирование. Используют вращающийся ЭИ цилиндрической формы, который поступательно движется вдоль заготовки. Эту схему используют в качестве окончательной операции при изготовлении тонких пластин, а также деталей из

вязких и прочных сплавов.

7.2.1 Технологические характеристики процессов ЭХО

Основными технологическими характеристиками процессов ЭХО являются производительность, точность размеров и полученной формы, а также шероховатость обработанных поверхностей.

К факторам, влияющим на технологические характеристики процессов ЭХО, относят: объемный электрохимический эквивалент обрабатываемого металла k ; состав применяемого электролита, его удельную электропроводимость χ ; напряжение источника питания U ; анодную плотность тока i ; коэффициент выхода по току η , величину межэлектродного промежутка α ; технологический припуск Z .

В соответствии с первым законом Фарадея объем растворенного металла V при электролизе прямо пропорционален объемному электрохимическому эквиваленту k данного металла, силе тока I и времени τ , мм³:

$$V = kI\tau. \quad (7.1)$$

Объемный электрохимический эквивалент k металла зависит от его валентности и атомной массы.

На практике объем растворенного металла не всегда соответствует величине, рассчитанной по уравнению (7.1).

Так, объем растворенного металла существенно зависит от плотности тока i на аноде, определяемой отношением силы тока I к площади F анода, А/дм²:

$$i = \frac{I}{F}. \quad (7.2)$$

Эффективность процессов ЭХО оценивают коэффициентом выхода металла по току

$$\eta = \frac{V_{\phi}}{V}, \quad (7.3)$$

где V_{ϕ} – фактический объем растворенного металла при пропускании определенного количества электричества, мм³.

С учетом уравнения (7.1) и коэффициента η фактический объем растворенного металла, мм³, определяют по формуле

$$V_{\phi} = kI\tau\eta. \quad (7.4)$$

Фактический объем растворенного металла V_{ϕ} , как правило, всегда меньше расчетного объема V (при активном растворении $\eta = 0,5 \dots 0,9$, при пассивном – $\eta < 0,5$).

Качественные показатели технологических характеристик процессов ЭХО находятся в прямой зависимости от применения

технологических схем ЭХО.

7.2.2 Технологические схемы ЭХО

Операции ЭХО могут быть условно разделены по технологическому режиму на две группы:

1) ЭХО при невысокой плотности тока (от 10 до 40 А/дм²) в стационарном электролите (ЭХС);

2) ЭХО при высокой плотности тока (до 100 А/дм²) в проточном электролите (ЭХП).

На рисунке 7.2, а показана принципиальная схема ЭХО в стационарном электролите для наиболее типичной операции – электролитического шлифования или полирования: 1 – источник питания; 2 – резистор; 3 – электролит; 4 – ванна; 5 – электрод-заготовка (анод); 6 – пленка продуктов растворенного металла (шлам); 7 – силовые линии тока; 8 – электрод-инструмент (катод).

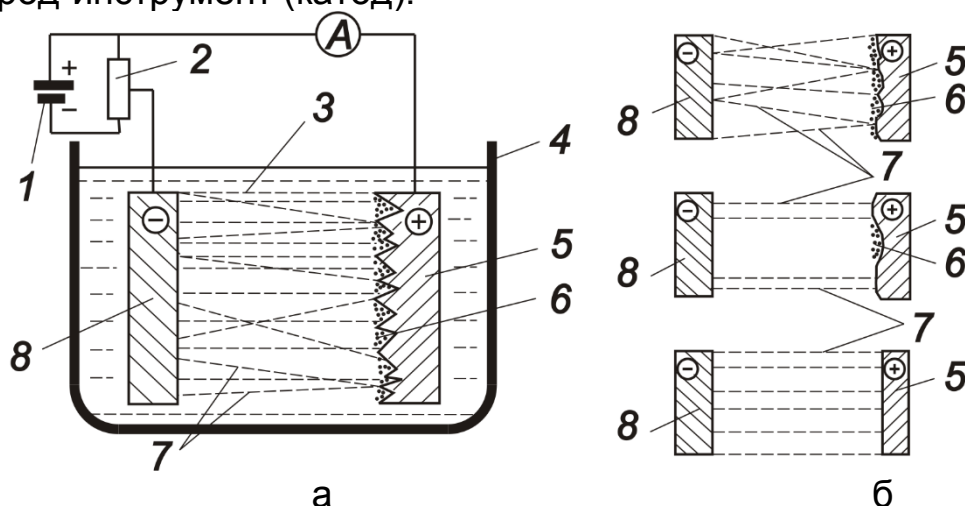


Рисунок 7.2 – Принципиальная схема ЭХО в стационарном электролите:

а – электрическая схема; б – механизм растворения выступов

Прохождение электрического тока через электроды 5 и 8 и электролит 3 сопровождается растворением поверхности ЭЗ 5 в электролите и образованием пленки из продуктов растворения во впадинах шероховатости, которая изолирует их от прохождения тока, сосредоточивая его силовые линии 7 на незащищенных выступах поверхности ЭЗ (рисунок 7.2, б). По этой причине выступы быстро растворяются и микронеровность сглаживается.

В отличие от рассмотренного процесса ЭХС размерная ЭХП происходит при непрерывном и интенсивном обновлении электролита, прокачиваемого под давлением через МЭП. Принудительное удаление электролита из рабочей зоны обеспечивает формообразование обрабатываемых поверхностей с меньшими, чем при электрохимическом травлении и полировании,

величинами МЭП.

В соответствии с этим анодное растворение металла на участках с минимальным значением МЭП происходит на начальной стадии обработки более интенсивно, чем на участках с большими значениями МЭП.

Существует технологическая схема размерной ЭХП с двумя подвижными ЭИ, которые расположены по обе стороны заготовки (рисунок 7.3, а) и движутся навстречу друг другу с подачей S .

На рисунке 7.3, б изображена схема электрохимического формообразования фасонных поверхностей тел вращения. В этом случае рабочая подача S осуществляется перемещением ЭИ к вращающейся заготовке.

Образование канавок различной формы можно выполнять по технологической схеме, показанной на рисунке 7.3, в. При этом ЭЗ и ЭИ в процессе обработки неподвижны относительно друг друга. Следовательно, значение МЭП будет возрастать с увеличением времени обработки. Поверхности ЭИ, не участвующие в формообразовании детали, при такой технологической схеме защищают диэлектрическим слоем.

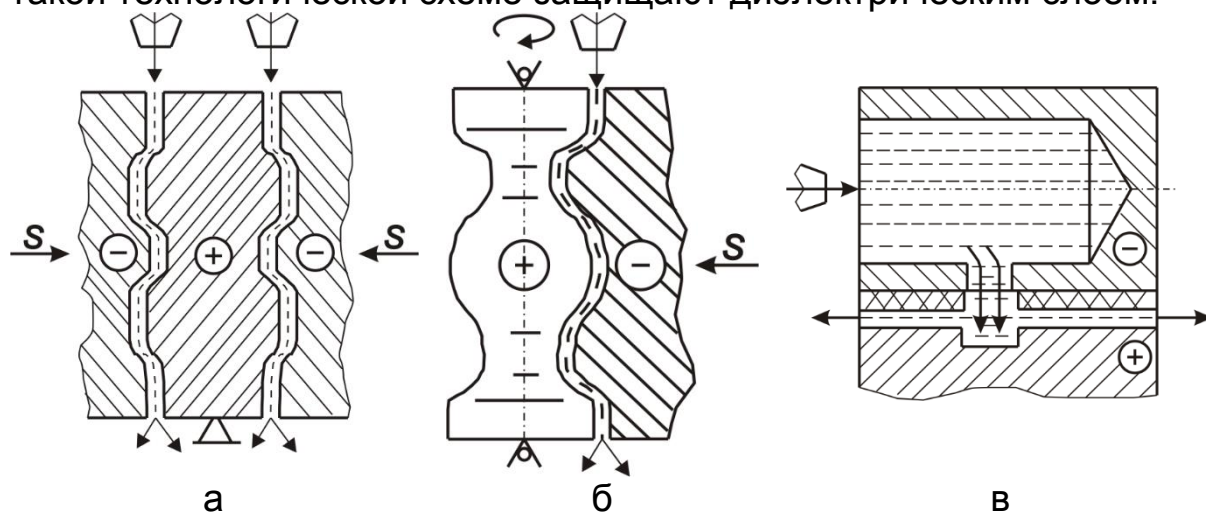


Рисунок 7.3 – Технологические схемы процессов ЭХО в проточном электролите

Достоинства ЭХС: возможность получения поверхностей сложнопрофилированных деталей с малой шероховатостью без использования специального инструмента.

Недостатки ЭХС: невысокая удельная производительность и трудность увеличения ее путем повышения плотности тока; чувствительность к изменениям состояния и составу электролита.

Достоинства ЭХП: высокая производительность, принципиально не имеющая ограничений роста; полное отсутствие износа ЭИ; низкая шероховатость поверхности и высокая точность

обработки при одновременном повышении производительности.

Недостатки ЭХП: высокая энергоемкость процесса, необходимость принятия специальных мер для удаления шлама и газа; обязательное обеспечение интенсивной циркуляции электролита через МЭП.

7.3 Производительность процессов ЭХО

Производительность отделочных процессов ЭХО характеризуется скоростью обработки, выражаемой в различных единицах измерений физических величин. Так, при электрохимическом травлении скорость обработки определяется количеством металла, снимаемого за единицу времени, и в зависимости от вида обрабатываемого металла, состава электролита и других факторов колеблется от 0,05 до 0,2 мм/мин. Производительность электрохимического полирования определяют по продолжительности процесса, которая при полировании углеродистых сталей составляет от 5 до 10 мин, алюминия – от 2 до 3 мин.

Производительность размерного электрохимического формообразования характеризуется скоростью анодного растворения металла, выражаемой в линейных (мм/мин) или объемных (мм³/мин) единицах.

При электрохимическом формообразовании с неподвижными электродами, когда величина МЭП изменяется в процессе обработки, производительность зависит от многих факторов, в первую очередь от продолжительности процесса обработки. Так, с увеличением времени обработки соответственно возрастает МЭП и снижается скорость электрохимического растворения.

Объемный электрохимический эквивалент k для каждого вида металла имеет определенное значение и поэтому не влияет на производительность размерной ЭХО.

С повышением рабочей температуры электропроводность и, соответственно, плотность тока на аноде увеличиваются. Повышение скорости прокачки электролита в МЭП способствует более интенсивному удалению шлама из зоны обработки, что также увеличивает электропроводность слоя электролита в МЭП.

7.3.1 Качество поверхности при ЭХО

При ЭХО качество обработанных поверхностей определяется в основном их шероховатостью.

В отличие от традиционных процессов обработки резанием, когда резец, оказывая силовое воздействие на обрабатываемую

поверхность, образует на ней деформированные (напряженные) слои металла, ЭХО не вызывает в поверхностных слоях обрабатываемого металла каких-либо механических напряжений. Это в ряде случаев положительно сказывается на качестве обрабатываемых поверхностей.

В общем виде качество обрабатываемых поверхностей зависит от состава электролита, его температуры, скорости прокачки электролита через МЭП и плотности электрического тока.

При обработке углеродистых и нержавеющей сталей с использованием в качестве электролита раствора хлористого натрия шероховатость поверхностей составляет от 2,5 до 1,25 мкм.

Повышение температуры электролита, как правило, отрицательно сказывается на шероховатости поверхностей. Однако в некоторых случаях, например при размерной ЭХО титановых сплавов, с повышением температуры электролита качество обрабатываемой поверхности повышается.

С увеличением плотности электрического тока шероховатость обрабатываемых поверхностей уменьшается.

7.4 Установка для ЭХО в стационарном электролите

В лабораторной работе используется установка для электролитической заточки инструмента в стационарном электролите модели ЭЗИ-2М, основные конструктивные элементы которой показаны на рисунке 7.4.

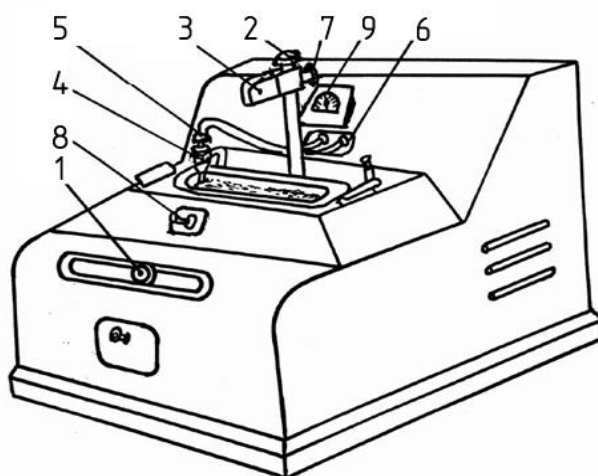


Рисунок 7.4 – Установка для ЭХО в стационарном электролите:
1 – подвижный контакт реостата; 2 – стойка; 3 – анодный зажим;
4 – кронштейн; 5 – термоконтактор; 6 – панель; 7 – винт; 8 –
тумблер;

9 – амперметр

Обработку заготовок на установке модели ЭЗИ-2М выполняют в такой последовательности:

1. Подготовка установки к работе:

- установить подвижный контакт 1 реостата в среднее положение, так как в противном случае при включении тока может произойти поломка амперметра;
- закрепить на стойке 2 анодный зажим 3;
- вставить в кронштейн 4 термоконтактор 5 и включить его в цепь установки с помощью двух штырьков, вставленных в гнезда панели 6;
- опустить термоконтактор 5 в электролит на 15 мм;
- подключить установку к сети переменного напряжения 220 В.

2. Порядок проведения ЭХО:

- установить в анодный зажим 3 заготовку, опустить ее в ванну до линии отметки погружения и закрепить анодный зажим винтом 7;
- включить ток тумблером 8;
- установить с помощью подвижного контакта реостата 1 требуемую силу тока по амперметру 9 для заданной плотности тока;
- обработать заготовку в течение заданного времени;
- выключить ток тумблером 8;
- установить подвижный контакт реостата 1 в среднее положение;
- вынуть заготовку из ванны и, удерживая ее пинцетом, удалить из анодного зажима 3;
- промыть заготовку проточной водой.

7.4.1 Техника безопасности при работе на установке для ЭХО

1. Запрещается включать установку и работать на ней без разрешения преподавателя или учебного мастера.

2. Установка для ЭХО должна быть заземлена.

3. При подготовке установки к работе и во время работы на ней нельзя допускать попадания электролита на открытые части тела (лицо и руки) и одежду. Пораженные участки тела необходимо промыть струей проточной воды.

4. При работе на установке необходимо стоять на резиновом коврике и пользоваться резиновыми перчатками.

5. На участке установок ЭХО курить запрещается.

7.5 Комплектование лабораторной работы

1. Установка для ЭХО в стационарном электролите модели ЭЗИ-2М.

2. Микрометр листовой часового типа по ГОСТ 6507–78 (абсолютная погрешность измерения – 0,002 мм).
3. Образцы-свидетели из материала марки 1Х18Н9Т.
4. Микроскоп измерительный МБС-9 (увеличение от 4 до 100).

7.6 Порядок проведения экспериментальных исследований

1. Изучить основные сведения о размерной ЭХО металлов и ее технологические схемы, правила и технику безопасности при работе на электрохимической установке, конструкцию установки (рисунок 7.4).
2. Измерить толщину и определить шероховатость образцов перед обработкой на установке.
3. Рассчитать величину тока по заданной плотности тока согласно формуле (7.2).
4. Обработать заготовки на установке ЭХО в течение заданного времени, изменяя плотность тока для каждого образца.
5. Измерить толщину обработанных заготовок и вычислить фактический объем растворенного металла каждой заготовки.
6. Определить параметры шероховатости на обработанных поверхностях заготовок.
7. Вычислить производительность процесса с учетом режима обработки каждой заготовки.
8. Построить график зависимости производительности процесса ЭХО от плотности тока $Q = f(i)$.
9. Дать рекомендации по выбору режимов обработки заготовки.
10. Оформить отчет о лабораторной работе.
11. Ответить на контрольные вопросы.

7.7 Содержание отчета

1. Краткий конспект, отражающий основные схемы и технологические характеристики процесса ЭХО металлов (подразд. 7.1 и 7.2, рисунки 7.1 и 7.2).
2. Схема процесса ЭХО в проточном электролите (рисунок 7.3, а).
3. Протокол результатов экспериментальных исследований ЭХО в соответствии с протоколом.
4. График зависимости $Q = f(i)$.
5. Выводы о результатах проведенных экспериментальных исследований на образцах-свидетелях.

ПРОТОКОЛ

Зависимость производительности процесса ЭХО от плотности тока

1. Материал образца-свидетеля (ЭЗ) –						
2. Материал ЭИ –						
3. Время обработки, мин – $\tau =$						
4. Площадь обрабатываемой поверхности, мм^2 – $F =$						
5. Состав электролита –						
6. Температура электролита, $^{\circ}\text{C}$ – $t =$						
Номер заготовки	Электрический режим обработки		Параметры шероховатости, мкм		Объем растворенного металла V , мм^3	Производительность процесса Q , $\text{мм}^3/\text{мин}$
	Плотность тока i , $\text{А}/\text{дм}^2$	Сила тока I , А	до обработки	после обработки		
1	15					
2	20					
3	25					
4	30					
5	35					

7.8 Контрольные вопросы

1. Какие факторы влияют на технологические характеристики процессов ЭХО?
2. Назовите особенности технологических процессов размерной ЭХО с перемещающимся ЭИ в проточном электролите.
3. Назовите особенности проектирования ЭИ для различных технологических схем ЭХО.
4. От каких параметров оборудования зависит производительность процесса ЭХО?
5. Перечислите достоинства размерной ЭХО в стационарном электролите.
6. Перечислите достоинства размерной ЭХО в проточном электролите.

