

1.15. ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ПОЛИРОВАНИЕ (ЭХП)

Цель лекции: изучение методов электрохимического полирования.

1.15.1. МЕХАНИЗМ АНОДНОГО РАСТВОРЕНИЯ ПРИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОМ ПОЛИРОВАНИИ

Электрохимическое полирование было открыто русским химиком Е.И. Шпитальским в 1911 году, который работал в Московском университете и ему была выдана привилегия на «способ придания поверхностям металлов и гальванических осадков металлов полировано - блестящего вида».

Электрохимическим полированием называется процесс отделки поверхности токопроводящих деталей, приводящий к уменьшению шероховатости и появлению зеркального блеска электрохимическим способом рис.1.131.

Удаление металла при электрохимическом полировании происходит под действием электрического тока в среде электролита без непосредственного контакта катода (инструмента) и заготовки.

В основе процесса электрохимического полирования лежит явление анодного растворения металла. Анодное растворение может протекать в электролитах различного состава, в том числе в неагрессивных электролитах — водных растворах хлорида натрия, нитрата натрия и др. Эти соли дешевы и безвредны для обслуживающего персонала.

При растворении в воде, например, солей, молекулы распадаются на положительные (катионы) и отрицательные (анионы). Молекулы воды поляризуются и располагаются в виде сферы вокруг какого-то центрального иона рис.1.132.

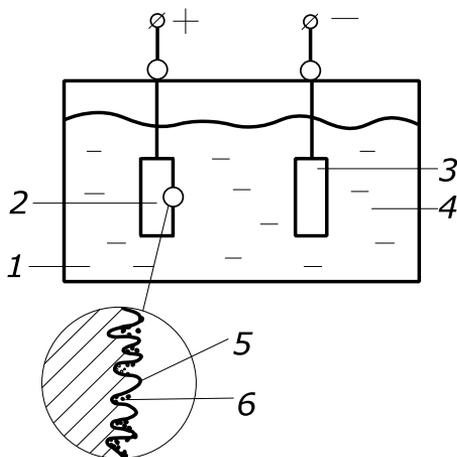


Рис. 1.131. Схема электрохимического полирования

1- ванна; 2 - обрабатываемая заготовка; 3 - пластина-электрод; 4 - электролит; 5 – микровыступ; 6 – продукты анодного растворения

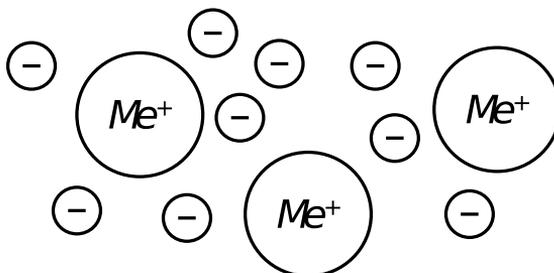


Рис. 1.132. Схема растворения солей

Если электроды погружены в электролит, то на их поверхности протекает обратимая реакция рис.1.133:



где: n- валентность металла; $\text{M}^{\text{en}+}$ ион в растворе, e - электрон

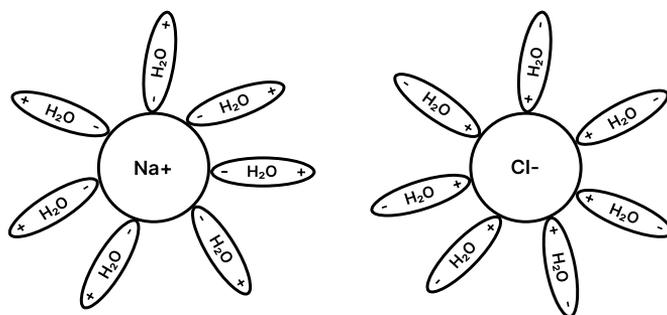


Рис. 1.133. Схема распределения ионов в электролите

На поверхности металла возникает положительный заряд, и к нему притягиваются отрицательно заряженные ионы из раствора. На границе электролита с металлом образуется, так называемый, двойной электрический слой рис. 1.134, подобный тому, какой возникает на обкладках конденсатора. Один слой представляет поверхностные заряды на положительном электроде в металле (+), другой — ионы в растворе (-). За счет этого на электродах возникают скачки электрического потенциала.

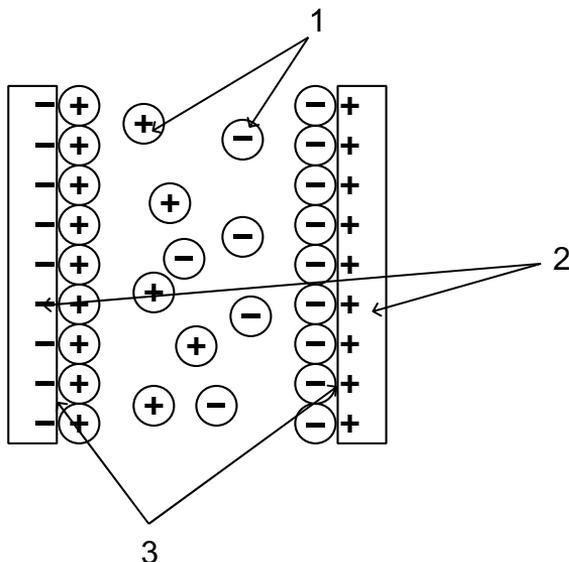


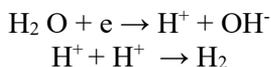
Рис. 1.134. Схема образования двойного электрического слоя на границе металла и электролита

1 – ионы электролита; 2 – отрицательный и положительный электроды; 3 – область двойного электрического слоя.

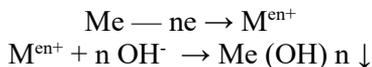
При подключении электродов к источнику напряжения ионы начинают двигаться в электрическом поле через межэлектродный промежуток от электрода к электроду.

Протекание процесса электрохимического полирования становится возможным, если приложить внешнее напряжение, превышающее разность ($\varphi_a - \varphi_k$), где: φ_a - скачок потенциала на аноде; φ_k - скачок потенциала на катоде

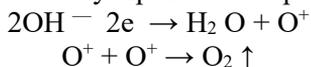
На катоде происходит ускоренное разложение молекул воды с выделением молекулярного водорода:



На аноде справедлива следующая схема перехода металла в нерастворимый гидроксид:



Одновременно образуется молекулярный кислород:



Молекулярный водород и кислород поднимаются на поверхность электролита и отсасываются вытяжной системой вентиляции.

1.15.2. ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ЭЛЕКТРОЛИТАМ ДЛЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ПОЛИРОВАНИЯ

Для хороших технологических показаний процесса необходимо соблюдение следующих условий:

- в электролите не должны протекать вовсе или протекать в минимальном объёме побочные реакции, это снижает производительность;
- растворение заготовки должно происходить только в зоне обработки;
- на всех участках обрабатываемой поверхности должен протекать расчётный ток;
- содержащиеся в водном растворе электролита анионы и катионы должны хорошо диссоциировать при любых условиях;
- необходимо чтобы потенциал материала электрода был более положительным, чем потенциал осаждения катиона. Это нужно для того, чтобы катод не покрывался слоем металла;
- обеспечение в ходе реакции в электролите перехода продуктов реакции анодного растворения в нерастворимое состояние;
- скорость образования пассивной анодной плёнки и скорость её растворения должны быть равны;
- толщина удаляемого слоя при полировании должна быть минимальной;
- электролит не должен быть агрессивным к металлу при отсутствии тока, для предотвращения разъедания металла в момент выключения тока вводится окислитель;
- электролит должен обеспечивать полирование в широком диапазоне температур и плотности тока и иметь продолжительный срок службы.
- в процессе полирования не должны выделяться вредные газы

При прохождении тока через электролит у поверхности анода образуется жидкий слой из продуктов анодного растворения, имеющий повышенную вязкость и большое электрическое сопротивление рис.1.135. Толщина этой вязкой жидкой плёнки неодинакова на различных участках шероховатой поверхности; в углублениях она больше, чем на выступах

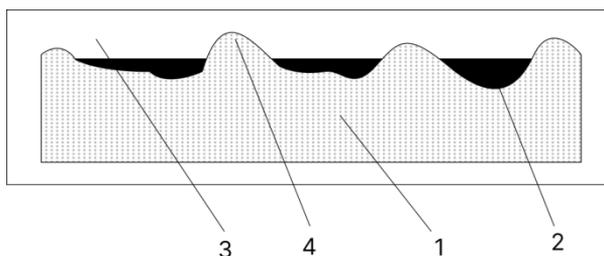


Рис. 1.135. Схема образования вязкого слоя у поверхности анода
1 - деталь (анод); 2 – вязкая жидкая пленка в углублении; 3 – электролит; 4 - выступ

Вследствие неравномерной изоляции поверхности анода происходит и неравномерное распределение электрического тока на ней. На выступах устанавливается более высокая плотность, чем на впадинах. Поэтому выступы растворяются более интенсивно, что, в конечном счёте, ведёт к выравниванию шероховатой поверхности.

1.15.3. ХАРАКТЕРИСТИКА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

При электрохимическом полировании, в зависимости от конкретных условий, на аноде электролитической ванны могут происходить:

- 1) растворение металлического анода
- 2) окисление металла анода
- 3) выделение газообразного кислорода
- 4) окисление различных веществ – компонентов раствора

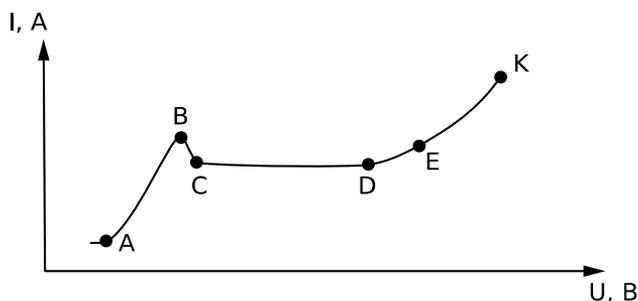


Рис. 1.136. Характеристика электрохимического процесса[48]

На участке AB рис.1.136. плотность тока увеличивается пропорционально приложенному напряжению. Анод при этом находится в активном состоянии (анод растворяется).

Участок BC соответствует нестабильному состоянию процесса. При этом происходит пассивация анода и формируется вязкий слой электролита.

На участке DE плотность тока повышается за счёт разрядов анионов OH^- . Всё это сопровождается выделением кислорода.

Участок EK не является рабочим участком электрохимического полирования. Такие режимы используют для создания обратных процессов.

Процесс протекает при следующих режимах: температура $T = 70 - 95$ °С, плотность тока $J = 2,5 - 10$ А/дм² (встречаются до 100 А/дм²), напряжение $U = 7 - 15$ В.

При электрохимическом полировании применяют ток такой плотности, при котором вместе с растворением анода происходит разряд анионов: OH^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} .

При меньших плотностях тока металл просто растворяется. Если плотность тока слишком велика, то происходят отрицательные явления: перегрев, бурное выделение газов на аноде, сильное растравливание металла. Температура электролита очень важный технологический параметр, если она чересчур низкая, то увеличивается вязкость прианодного слоя, при этом ухудшается диффузия через прианодный слой и требуется повышенное напряжение в ванне.

Повышение температуры снижает вязкость прианодного слоя, при слишком большой температуре наблюдается простое травление металла.

Эффективное полирование зависит также и от времени. Увеличение длительности не улучшает качество полировки, а наоборот приводит к растравливанию отдельных участков.

Необходимо установить оптимальную длительность процесса полировки, которая зависит от состояния поверхности металла, свойств металла, свойств электролита, от режимов токовых и температурных

Для процесса важно правильно подобрать размеры, форму и материал катодов. Площадь катода должна быть в 2-5 раз больше полируемой детали.

Форма катода применяется чаще всего плоская, но для полирования детали сложной формы применяют профильные катоды. Материал катода должен быть химически устойчив к электролиту.

Подвесные приспособления рекомендуется выполнять из того же материала, который полируется

1.15.4. НЕКОТОРЫЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЭХП

Методы ЭХП находят широкое применение рис.1.137.

Одной из возможностей ЭХП является придание блеска поверхности металла, независимо от класса чистоты его. Лучший декоративный вид поверхности достигается при ЭХП изделий цилиндрической или сферической формы, хуже - плоских изделий, особенно больших размеров.

Благоприятное влияние, которое оказывает ЭХП на фрикционные свойства металла, позволяет использовать этот процесс для чистовой обработки деталей, работающих в условиях трения.



Рис. 1.137. Классификация методов применения ЭХП

Толщина удаляемого слоя может быть выдержана с достаточной точностью, что позволяет сохранить требуемые размеры инструмента. Благодаря преимущественному растворению микровыступов, повышается чистота поверхности режущих граней и улучшаются условия их работы. Последнее обстоятельство является причиной облегчения сбега стружки и уменьшению нагрева инструмента в процессе резания.

При полировании мерительного инструмента ЭХП может выполнять роль доводочной операции. При точном соблюдении режима электролиза удаётся производить инструмент, удовлетворяющий требованиям 1 и 2 класса точности.

В медицинской промышленности ЭХП применяют для направки некоторых хирургических инструментов. Инструменты завешивают в ванну под углом так, чтобы в электролите находилась лишь рабочая часть инструмента.

Интенсивность сглаживания микронеровностей зависит от природы металла, чистоты его поверхности и условий электролиза.

ЭХП является своеобразным методом дефектоскопии. В результате анодного растворения металла удаляется его поверхностный слой, скрывающий дефекты. Размеры пор, трещин и раковин увеличиваются настолько, что их можно заметить даже невооружённым глазом.

ЭХП может быть использовано при контроле качества сварных швов на деталях, для выявления поверхностных трещин, получающихся при термической обработке деталей.

Характерные дефекты электрополированных поверхностей:

точечное травление поверхности, питтинг, неглубокие язвы очертаний, непрозрачные пленки различного цвета, слабый блеск и недостаточное сглаживание шероховатости, полосчатость, растравливание поверхности металла, пятна в месте контакта детали с подвеской.

Дефекты обусловлены недостатками самого материала металла или полупроводника, неверными условиями электрополирования, плохим качеством очистки поверхности и качествами электролита.

Наличие загрязнений или неоднородности материала приводит к появлению участков окисных или солевых плёнок.

Неравномерность движения электролита по поверхности или неправильное взаимное расположение деталей и электродов может вызвать как снижение точности обработки, так и искажение геометрической формы, вследствие неравномерного растворения металла.

Направленное движение газовых пузырьков по поверхности деталей могут быть причиной “полосатости” поверхности.

Пониженное напряжение также может вызвать растравливание поверхности.

ТЕСТЫ К ЛЕКЦИИ

Вопрос 1	Какой процесс называется электрохимическим полированием?
Ответы:	
1	Электрохимическим полированием называется процесс отделки поверхности токопроводящих деталей, приводящий к уменьшению шероховатости и появлению зеркального блеска электрохимическим способом
2	Электрохимическим полированием называется процесс полировки поверхности детали путем трения о поверхность полировальника в среде электролита
3	Электрохимическим полированием называется процесс отделки поверхности токопроводящих деталей, приводящий к осаждению на поверхность детали тонкого слоя атомов из электролита
Вопрос 2	Что лежит в основе электрохимического полирования?
Ответы:	
1	В основе процесса электрохимического полирования лежит явление анодного растворения металла
2	В основе процесса электрохимического полирования лежит явление катодного растворения металла
3	В основе процесса электрохимического полирования лежит явление взаимодействия поверхности детали с поверхностью полировальника в среде электролита

Вопрос 3	При каком внешнем напряжении процесс электрохимического полирования становится возможным?
Ответы:	
1	Протекание процесса электрохимического полирования становится возможным, если приложить внешнее напряжение, превышающее разность скачка потенциала на аноде и скачка потенциала на катоде
2	Протекание процесса электрохимического полирования становится возможным, если приложить переменное внешнее напряжение
3	Протекание процесса электрохимического полирования становится возможным, если приложить двуполярное импульсное внешнее напряжение
Вопрос 4	Что при электрохимическом полировании растворяется интенсивнее: выступы или впадины?
Ответы:	
1	Выступы
2	Впадины
3	Все растворяется одинаково
Вопрос 5	Как увеличение длительности электрохимического полирования влияет на качество поверхности детали?
Ответы:	
1	Увеличение длительности приводит к растравливанию отдельных участков
2	Увеличение длительности приводит к повышению качества поверхности детали
3	Увеличение длительности не влияет на качество поверхности детали
Вопрос 6	Какая примерно должна быть площадь катода при электрохимическом полировании?
Ответы:	
1	Площадь катода должна быть в 2-5 раз больше полируемой детали
2	Площадь катода должна быть равна полируемой детали
3	Площадь катода должна быть в 2-5 раз меньше полируемой детали
Вопрос 7	К каким дефектам приводит наличие загрязнений при электрохимическом полировании?
Ответы:	
1	Наличие загрязнений приводит к появлению участков окисных или солевых плёнок
2	Наличие загрязнений приводит к появлению растратов
3	Наличие загрязнений приводит к деформации поверхности де-

	тали
Вопрос 8	К каким дефектам может привести неравномерность движения электролита при электрохимическом полировании?
Ответы:	
1	Неравномерность движения электролита может вызвать как снижение точности обработки, так и искажение геометрической формы, вследствие неравномерного растворения металла
2	Неравномерность движения электролита может вызвать появление окисных пленок на поверхности детали
3	Неравномерность движения электролита может вызвать потемнение поверхности детали
Вопрос 9	Что может быть причиной такого дефекта как «полосатость»?
Ответы:	
1	Причиной «полосатости» поверхности может быть направленное движение газовых пузырьков по поверхности деталей
2	Причиной «полосатости» поверхности может быть пульсация напряжения
3	Причиной «полосатости» поверхности может быть неправильное расположение катода
Вопрос 10	Что может вызвать растравливание поверхности?
Ответы:	
1	Растравливание поверхности может вызвать пониженное напряжение
2	Растравливание поверхности может вызвать пульсация напряжения
3	Растравливание поверхности может вызвать переменное напряжение