

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ

СУМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ к выполнению лабораторных: работ по курсу "Коррозия и защиты от нее " для студентов специальности 7.0902 20 дневной и заочной форм обучения

Утверждено реакционно -  
издательским советом университета.  
Протокол № 2 от 15.04.99 г.

Сумы СумГУ 1999

Общие указания к выполнению лабораторных работ.

На первом лабораторном занятии студенты должны изучить инструкцию по технике безопасности при работе в лаборатории по коррозии. Учитывая, что все лабораторные работы связаны с электрическим током, обратить особое внимание на правила электробезопасности.

Успешное выполнение лабораторной работы с последующей обработкой и оформлением ее результатов возможно только при правильном проведении опытов и регистрации полученных данных. Необходимым условием этого является выполнение лабораторной работы, а также введение исчерпывающих записей условий исследования и результатов измерений.

Примерное содержание отчета приводится в каждой лабораторной работе (п. 6). Писать отчет следует аккуратно и сразу начисто. Название лабораторной работы, ее цель, краткие теоретические сведения, методику работы (схему установки, порядок проведения опыта) и таблицы для записи результатов измерений пишут перед выполнением лабораторной работы в порядке подготовки к ней, результаты опытов и их обработку – в процессе проведения опыта и по его окончании, выводы – после обработки результатов измерений.

Цель данной работы и теоретические сведения должны быть изложены с предельной ясностью, но в то же время кратко.

Схему установки надо вычерчивать и снабжать надписями так, чтобы она была наглядна и понятна без устных пояснений.

При описании порядка проведения опыта не следует подробно излагать все выполняемые операции, повторяя текст руководства. Достаточно провести их краткую запись, например: зачистка образцов наждачной бумагой; определение размеров образцов; обезжиривание и промывка; взвешивание; полное погружение в электролит; определение скорости коррозии по потере массы образцов.

Результаты опытов следует записывать в заранее составленную таблицу, примерная форма которой приведена в описании каждой работы. При записывании различных величин необходимо указывать их размерность.

Результаты измерений, как правило, подлежат дополнительной обработке – аналитической, например, расчет показателей скорости коррозии и графической (графическое изображение результатов измерений и др.). В отчете для каждого расчета следует привести

расчетную формулу и один расчет полностью, то есть с подстановкой в формулу соответствующих опытных величин, а для остальных аналогичных расчетов по этой же формуле занести в таблицу только конечные результаты. При расчетах особое внимание следует обратить на соблюдение размерности.

Графический анализ опытных данных дает наглядное представление о взаимной зависимости исследуемых величин и служит для проведения ряда измерительных и вычислительных операций. Строят графики на миллиметровой бумаге. На оси координат наносят масштабы, которые могут быть различными, но их следует выбирать таким образом, чтобы координаты любой точки графика могли быть определены легко и быстро. На миллиметровой бумаге наиболее удобно выбирать такой масштаб, в котором 1 см принят за одну, две или пять единиц или эти значения умножаются на  $10^{\pm n}$ , где  $n$  – целое число. Кривая, которая наносится на график, должна занимать весь лист. Поэтому при выборе шкал по осям координат нет необходимости начинать с нулевого значения. Шкала для каждого переменного может начинаться с наименьшего округленного значения из всех данных или несколько ниже и заканчиваться наибольшим округленным значением из опытных данных или несколько выше. Относительную величину масштабов на осях следует выбирать так, чтобы кривая не была слишком плоской, растянутой вдоль одной из осей.

На основании полученных и ответственным образом обработанных опытных данных необходимо написать краткие выводы о проделанной работе.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

### ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА КИСЛОТНУЮ КОРРОЗИЮ МЕТАЛЛОВ

#### I Цель и методы выполнения работы

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** исследовать влияние температуры на скорость коррозии металлов в растворах кислот и установить характер контроля коррозионного процесса.

Экспериментально определяют потери массы образцов металлов в растворе кислоты при различных температурах.

Температура оказывает значительное влияние на скорость электрохимической коррозии металлов, так как изменяет скорость диффузии, перенапряжение электродных процессов, степень анодной пассивности, растворимость деполяризаторов, например, кислорода и вторичных продуктов коррозии.

При коррозии металлов в неокислительных кислотах, протекающей с водородной деполяризацией, наблюдается экспоненциальная зависимость скорости коррозии от температуры, которая приближенно выражается уравнением:

$$\hat{E}_{\text{ААН}}^- = A \cdot a^{-Q/RT} \quad (1)$$

где  $\hat{E}_{\text{ААН}}^-$  - отрицательный весовой показатель коррозии, г/м<sup>2</sup>·ч;

A – постоянная, равна  $\hat{E}_{\text{ААН}}^-$  при T=∞ или 1/T=0;

Q – эффективная энергия активации процесса, Дж/моль;

R=8,314 Дж/моль·К – универсальная газовая постоянная;

T – абсолютная температура, К.

Это уравнение в координатах  $\lg K_{\text{ААН}}^- - 1/T$  преобразуется в уравнение прямой:

$$\lg K_{\text{ААН}}^- = \lg A - \frac{Q}{2,303 \cdot R \cdot T} \quad (2)$$

Данная зависимость очень удобна для определения по графикам отсутствующих значений  $\hat{E}_{\text{ААН}}^-$  при каких либо температурах и постоянных A и Q из опытных данных:

$$\lg A = \lg K_{\text{ААН}}^- \text{ при } -\frac{1}{0} = 0, \quad (3)$$

$$\frac{Q}{2,303 \cdot R} = \text{tg } \beta, \quad (4)$$

Где  $\beta$  – угол, образуемый прямой  $\lg K_{\text{ААН}}^- = f\left(\frac{1}{T}\right)$  с отрицательным направлением оси 1/T.

Зная эффективную энергию активации процесса можно приближенно судить о природе стадии, определяющей скорость данного коррозионного процесса. При концентрационной поляризации значение

эффективной энергии активации  $Q$  разбавленных водных растворов многих веществ составляет примерно 12,6-21,0 кДж/моль, а аномально подвижных ионов водорода – 4,2-12,6 кДж/моль. При электрохимической поляризации в частности при перенапряжении водорода эффективная энергия активации  $Q$  заметно больше (37,7-87,9 кДж/моль), чем при концентрационной поляризации (см. приложение А, табл. А.2, А.3).

## 2 ПОДГОТОВКА К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

По рекомендованной литературе следует самостоятельно изучить вопрос о показателях скорости коррозии; иметь общие представления об электрохимической коррозии металлов, о кинетике анодной реакции, о процессах электрохимической коррозии с концентрационной поляризацией, о коррозии металлов с водородной деполяризацией, о коррозии металлов с кислородной деполяризацией.

Ознакомиться с рабочим местом, правилами работы с электронагревательными приборами и растворами сильных кислот, усвоить последовательность и смысл выполняемых операций.

## 3 ПРИБОРЫ И РЕАКТИВЫ

Три водяных термостата, шесть электродов из низколегированной стали, три крышки с крючками для подвешивания электродов, аналитические весы, три стакана на 100 мл, раствор соляной кислоты, наждачная бумага или содовый раствор, фильтровальная бумага.

## 4 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

- 4.1.Шесть образцов из низколегированной стали зачистить наждачной бумагой, обезжирить содой или содовым раствором, промыть проточной и дистиллированной водой, высушить фильтровальной бумагой.
- 4.2.Подготовленные образцы взвесить на аналитических весах.
- 4.3.Измерить площадь образцов.
- 4.4.Подготовить термостаты к работе, для чего включить электронагрев всех термостатов и ждать, когда в них установится необходимая температура (в первом - 25 С, во втором - 35 С и в третьем - 45 С).
- 4.5.Налить в стаканчики соляной кислоты и выдержать их в термостатах 5—10 минут.
- 4.6.Подвесить попарно на крючки образцы и опустить их в стаканчики с кислотой. Образцы должны быть погружены в раствор кислоты полностью.
- 4.7.Выдержать стаканчики с образцами в термостатах при заданной температуре в течение 1 - 2 часов.

- 4.8. По истечении 1-2 часов быстро извлечь из растворов все образцы, промыть их проточной и дистиллированной водой, тщательно высушить фильтровальной бумагой.
- 4.9. Взвесить все образцы на аналитических весах.
- 4.10. Растворы соляной кислоты из стаканчиков вылить в бутылку для слива кислот, стаканчики промыть водой.
- 4.11. После выполнения всех операций убрать рабочее место.

## 5. Обработка результатов

5.1. Рассчитать отрицательные весовые показатели скорости коррозии  $\hat{E}_{\hat{A}\hat{N}}^-$  для каждого образца по формуле

$$\hat{E}_{\hat{A}\hat{N}}^- = \frac{m_0 - m}{S_0 \cdot \tau}, \quad (3)$$

Где  $m_0$  и  $m$  – соответственно масса образца до и после испытания на коррозию, г;

$S_0$  – поверхность образца, м<sup>2</sup>;

$\tau$  – время опыта, ч.

5.2. Рассчитать среднее значение  $(\hat{E}_{\hat{A}\hat{N}}^-)_{\text{средн}}$  для каждой температуры, а также  $\lg(\hat{E}_{\hat{A}\hat{N}}^-)_{\text{средн}}$  и  $1/T$ .

5.3. Результаты эксперимента и расчетов занести в таблицу один.

5.4. На основании данных табл. 1 построить график  $\lg(\hat{E}_{\hat{A}\hat{N}}^-)_{\text{средн}} = f(1/T)$ .

5.5. Графическим или методом наименьших квадратов найти значение эффективной энергии  $Q$  и постоянной  $A$  в уравнении (2).

5.6. Проверить правильность полученного эмпирического уравнения температурной зависимости скорости коррозии металла в растворе кислоты: рассчитать по полученной эмпирической формуле значение  $(\hat{E}_{\hat{A}\hat{N}}^-)$  для какой либо температуры и сравнить его с опытным значением.

Таблица 1

№ образца	Размеры образца, мм	Поверхность образца $S_0$ , $m^2$	Начальная масса образца $m_0$ , г	Конечная масса образца $m$ , г	Температура раствора $T$ , К	Отрицательный весовой показатель ( $\hat{E}_{\overline{AA\bar{N}}}^-$ ), $г/(m^2 \cdot ч)$	Среднее значение ( $\hat{E}_{\overline{AA\bar{N}}}^-$ ) для данной температуры	$lg(\hat{E}_{\overline{AA\bar{N}}}^-)_{ср.зн}$	$1/T, K^{-1}$

## 6 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать:

цель работы, краткие теоретические сведения по кинетике электрохимической коррозии, а также коррозии металлов с водородной деполяризацией перечень приборов и принадлежностей, результаты опытов и расчетов ( $\hat{E}_{\overline{AA\bar{N}}}^-$ ), график зависимости  $lg(\hat{E}_{\overline{AA\bar{N}}}^-)_{ср.зн}$  обратной температуры, значение эффективной энергии активации  $Q$  и постоянной  $A$ ; выводы, в которых суммируют результаты опытов, приводят полученное эмпирическое уравнение температурной зависимости скорости коррозии металла в растворе кислоты и на основании значения  $Q$  делают заключение о природе стадии, определяющей скорость коррозии.

### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Показатели скорости коррозии.
2. Влияние температуры на скорость коррозии.
3. Общее представления об электрохимической коррозии.
4. Кинетика анодной реакции.
5. Концентрационные ограничения анодной реакции и роль продуктов коррозии.
6. Водородная деполяризация.
7. Кислородная деполяризация.

## Лабораторная работа № 2

# РАССЕИВАЮЩАЯ И КРОЮЩАЯ СПОСОБНОСТИ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

## 1 ЦЕЛЬ И МЕТОДЫ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** определить рассеивающую и кроющую способности цинковым электролитов.

Рассеивающая способность электролита означает способность электролита при данных условиях электролиза давать более или менее равномерные по толщине покрытия. Для определения рассеивающей способности электролита проводят электролитическое цинкование двух прямых катодов одинакового размера, расположенных параллельно по обе стороны от анода и на различном расстоянии от него. По увеличению массы обоих катодов после электролиза судят о распределении металла при данном от ношении между расстояниями от анода до дальнего и ближнего катодов.

Кроющая способность электролита - это способность электролита давать покрытие, закрывающее сплошь или частично рельефную поверхность детали без учета толщину слоя. Кроющая способность электролита определяется с помощью плоского катода, изогнутого под прямым углом. Его оцинковывают с одной стороны и определяют площадь оцинкованной и свободной от цинка поверхности.

В настоящей работе (по указанию преподавателя) определяется:

- а) рассеивающая способность двух (N1 и N2) неодинаковых по составу цинковых электролитов (состав электролитов см. в приложении А табл. А 4 );
- б) кроющая способность двух указанных электролитов;
- в) рассеивающая и кроющая способности одного из электролитов.

## 2 ПОДГОТОВКА К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

Перед выполнением работы следует еще раз ознакомиться с правилами электробезопасности и работы с растворами сильных электролитов.

По рекомендуемой литературе студентам необходимо самостоятельно изучить следующие вопросы: понятия о рассеивающей и кроющей способностях электролита, способы экспериментального определения выше указанных характеристик электролита, закон Ома и законы электролиза (законы Фарадея).

Ознакомиться с рабочим местом, получить у преподавателя задание для определения соответствующих свойств электролита [ а) или б), или в)],

получить у лаборанта секундомер, усвоить последовательность и смысл выполняемых операций.

### 3 ПРИБОРЫ И РЕАКТИВЫ

Два выпрямителя, две ванны для электролитов соединительные провода, стальные (или медные) катоды одинаковой площади, плоский стальной катод, изогнутый под прямым углом, два цинковых анода, теххимические весы, электролит N 1 и электролит N 2, ванночка для хранения электродов, наждачная бумага, сода или содовым раствор, фильтровальная бумага.

### 4 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТУ

4.1 Два стальной прямых катода и один изогнутый под углом зачистить с одной стороны наждачной бумагой (обратные стороны катодов покрытые специальным лаком, не зачищать!), промыть водой, затем обезжирить содой или содовым раствором, тщательно промыть проточной водой, сполоснуть дистиллированной водой и высушить фильтровальной бумагой. Причем после подготовки поверхности катодов к электролизу электрод необходимо держать с помощью фильтровальной бумаги, не касаясь пальцами его поверхности.

4.2 Прямые катоды взвесить на теххимических весах с точностью до 0,01 г.

4.3 Измерить площадь катодов и вычислить рабочий ток из расчета плотности 5 мА/см<sup>2</sup>.

4.4 Собрать две электрохимические схемы (рис.1 и рис.2) при выполнении задания в). При выполнении задания а) схему, приведенную на рис.1, дублируют для второго электролита, а при выполнении задания б) дублируют для второго электролита схему на рис.2.

4.5 Для определения рассеивающей способности электролита (см. рис.1) до погружения электродов в раствор измерить расстояния между анодом и катодом ( $l_1$  и  $l_2$ ) с точностью до 0,1 см.

4.6 Включить выпрямитель, установить по амперметру рассчитанную ранее силу тока и вести электролиз в таком режиме в течение одного часа при комнатной температуре.

4.7 По истечению 1 часа выключить напряжение.

4.8 Электроды вынуть из ванны в специальную ванночку, промыть их проточной водой, затем дистиллированной, высушить фильтровальной бумагой.

4.9 Прямые катоды взвесить на теххимических весах. У изогнутого электрода определяют площадь оцинкованной и свободной от цинка поверхности.

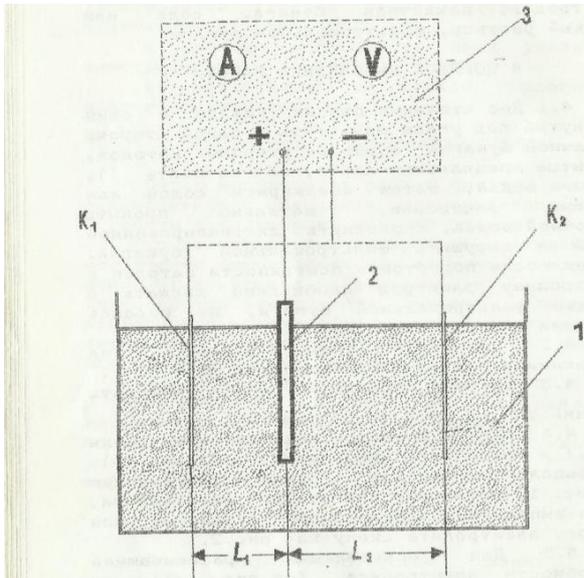


Рисунок 1: 1 – ванна с электролитом;  $K_1$ ,  $K_2$  – катоды; 2 – анод; 3 – выпрямитель

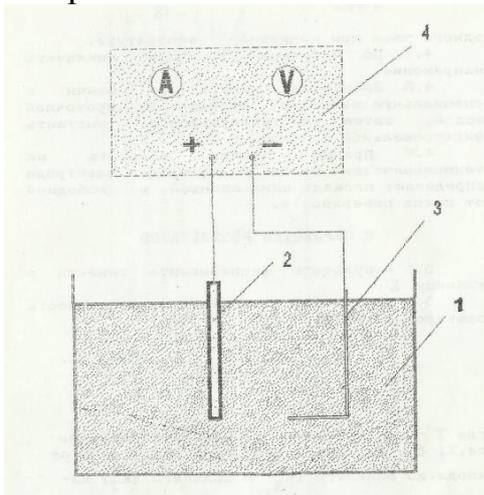


Рисунок 2: 1 – ванна с электролитом; 2 – катод; 3 – анод; 4 – выпрямитель

## 5 ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ

5.1 результаты эксперимента занести в таблицу 2.

5.2 Рассчитать рассеивающую способность электролита по формуле:

$$T = \frac{l_2 - \frac{m_{k1}}{m_2}}{l_1} \cdot 100\% ,$$

Где  $T$  – рассеивающая способность электролита, %;  $l_1$  и  $l_2$  – соответственно расстояния от анода до ближнего ( $K_1$ ) и дальнего ( $K_2$ ) катодов, см;  $m_{k1}$ ,  $m_{k2}$  – соответственно массы фактически выделившегося металла на ближнем и дальнем катодах, г.

5.3 Рассчитать кроющую способность электролита исходя из отношения площади оцинкованной поверхности ко всей покрываемой поверхности:

$$K_c = \frac{S_v}{S_k} \cdot 100\% ,$$

где  $K_c$  – кроющая способность электролита, %;  
 $S_n$  – площадь катода, занятая покрытием,  $\text{см}^2$ ;  
 $S_k$  – покрываемая площадь катода,  $\text{см}^2$ .

Таблица 2

№ образца	№ электролита	Площадь, $\text{см}^2$		Масса катода, г		Масса покрытия	Расстояние от катода до анода, см	Рассеивающая способность электролита, %	Кроющая способность электролита, %

## 6 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать:

цель работы, краткие теоретические сведения способности электролита обеспечивать равномерное по толщине катодное покрытие и покрывать на деталях углубления; обзор методов определения рассеивающей и кроющей способностей электролита; перечень приборов и принадлежностей; результаты измерения массы электродов и площади изогнутого электрода, занятой покрытием и свободной от цинка поверхностей; расчеты рассеивающей и кроющей способностей электролита; краткие выводы, в которых сопоставляют полученные значения рассеивающей и кроющей способностей электролитов и дают объяснения причины несовпадения этих показателей у исследованных электролитов.

Вопросы для самоконтроля

- 1 Что называется рассеивающей и кроющей способностью электролита?
- 2 Методы измерения и расчета рассеивающей и кроющей способностей электролита.
- 3 Законы электролиза и законы Ома.
- 4 анодные и катодные металлические покрытия и механизм их защитного действия.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА N 3

### ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОЕ НИКЕЛИРОВАНИЕ

#### 1 ЦЕЛЬ И МЕТОДЫ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Цель работы: электролитическое получение никелевого покрытия при заданном режиме с последующим определением выхода металла по току, толщины слоя и качества покрытия.

При электролитическом никелировании совместно протекают процессы катодного осаждения никеля и выделения водорода. Выход по току никеля определяют из экспериментальных данных изменения веса катода, покрываемого никелем, и изменения веса катода кулонометра. Для определения толщины покрытия используют экспериментально полученное количество фактически выделившегося на катоде никеля и величину покрываемой никелем поверхности катода. Экспериментальное определение качества никелевого покрытия сводится к испытанию полученного покрытия на пористость.

#### 2 ПОДГОТОВКА К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

Перед выполнением работы следует еще раз напомнить правила электробезопасности и работы с растворами сильных электролитов.

По рекомендуемой литературе студентам необходимо изучить следующие вопросы: методы защиты металлов от коррозии, понятия о металлических защитных покрытиях, о гальванических покрытиях, о катодных и анодных покрытиях, о выходе по току, о контроле качества покрытий.

Ознакомиться с рабочим местом, усвоить последовательность и смысл выполняемых операций

#### 3 ПРИБОРЫ И РЕАКТИВЫ

Выпрямитель электрического тока, амперметр, ванна для никелирования, никелевый и медный электроды, электроды кулонометра, набор соединительных проводов, теххимические и аналитические весы, наждачная бумага, сода или содовый раствор, ванночка для хранения электродов, стакан с раствором медного купороса, электролит для никелирования, фильтровальная бумага, спирт для обезжиривания, 5 % раствор серной кислоты.

#### 4 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

4.1 Медный катод зачистить наждачной бумагой, обезжирить содой или содовым раствором, промыть проточной и дистиллированной водой и высушить фильтровальной бумагой.

4.2 Подготовленный катод взвесить на теххимических весах.

4.3 Измерить покрываемую никелем площадь катода и вычислить рабочий ток из расчета плотности 1-2 А/дм<sup>2</sup>.

- 4.4 Аналогично п. 4.1 подготовить к работе медные электроды кулонометра.
- 4.5 взвесить на аналитических весах катод кулонометра.
- 4.6 Собрать схему для проведения процесса никелирования (см. рис. 3).
- 4.7 Включить выпрямитель, установить на амперметре рассчитанную ранее силу тока и вести электролиз в таком режиме в течение одного часа при комнатной температуре.
- 4.8 По истечении одного часа выключить выпрямитель.
- 4.9 Катод, покрытый никелем и катод кулонометра вынуть из растворов электролитов в специальную ванночку. Промыть их проточной и дистиллированной водой, высушить фильтровальной бумагой.
- 4.10 Катод с никелевым покрытием взвесить на теххимических весах.
- 4.11 Катод кулонометра взвесить на аналитических весах.
- 4.12 Определить пористость покрытия для чего:
- а) никелированный катод обезжирить спиртом, и погрузить его в раствор серной кислоты;
  - б) промыть катод проточной и дистиллированной водой;
  - в) на поверхность катода накладывається фильтровальная бумага, смоченная специальным раствором;
  - г) считают число и размер пятен синего цвета, которые появляются на месте пор.

## 5 ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ

5.1 Результаты эксперимента занести в таблицу 1в.

5.2 Рассчитать выход по току по формуле

$$\eta = \frac{m_1}{m} \cdot 100\%$$

где  $m_1$  – масса фактически выделившегося на катоде никеля ( $m_1 = m_k - m_n$ ), г;

$m_2$  – теоретическая масса никеля;

$m_2$  следует определить по формуле

$$m_2 = \frac{m_3 Ni}{m_3 Cu}$$

где  $m_3 Ni = 29,34$  г/моль – электрохимический эквивалент никеля;

$m_3 Cu = 31,78$  г/моль – электрохимический эквивалент меди;

5.3 Рассчитать толщину никелевого покрытия  $l$  по формуле

$$l = \frac{m_1}{S \cdot d},$$

где  $S$  – покрываемая никелем поверхность катода, см<sup>2</sup>;

$d$  – удельная плотность никеля, равная 8,6-8,9 г/см<sup>3</sup>.

5.4 По числу и размеру синих пятен на поверхности покрытия судят о его качестве.

Таблица 3

Время начала опыта	Время окончания опыта	Вес покрываемого никелем катода, г		Масса выделившегося на катоде никеля $m_1$ , г	Вес катода кулонометра, г		Привес меди в кулонометре, г	Покрываемая никелем поверхность катода $S$ , $см^2$
		До опыта, $m_H$	После опыта $m_K$					

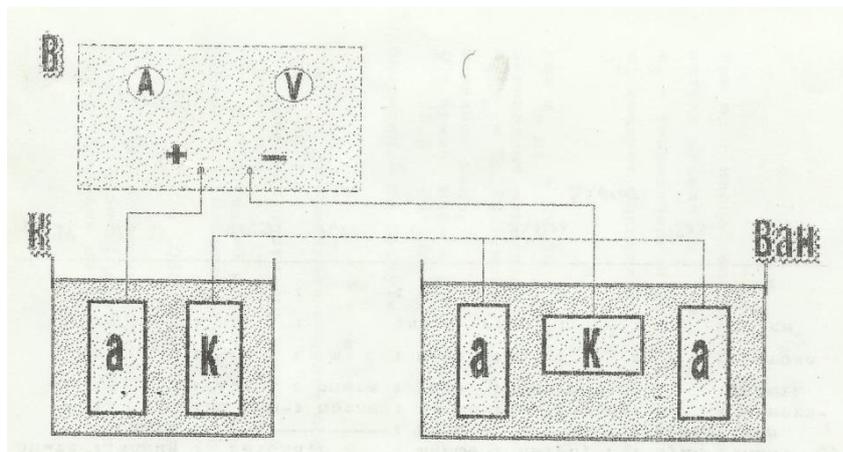


Рисунок 3 – Схема для процесса никелирования:

В – выпрямитель; К – кулонометр; Ван – ванная для никелирования; а – анод; к – катод; А – амперметр.

## 6 Содержание отчета

Отчет должен содержать:

цель работы, краткие сведения о методах защиты металлов от коррозии, о металлических защитных покрытиях, а также определения анодного и катодного покрытий, выхода никеля по току, сведения о контроле качества покрытия; перечень приборов и принадлежностей, таблицу № 3 с результатами эксперимента, расчеты выхода никеля по току, толщины покрытия и выводы о качестве никелевого покрытия.

Вопросы для самопроверки

- 1 Методы защиты от коррозии.
- 2 Металлические защитные покрытия.
- 3 Анодные и катодные покрытия.
- 4 Выход по току.
- 5 Контроль качества покрытий.

Список литературы

1. Жук Н. П. Курс теории коррозии и защиты металлов. – М.: Металлургия, 1976.
2. Клинов И. Я. Коррозия химической аппаратуры и коррозионно-стойкие материалы.- М.: Машиностроение, 1967.

3. Шлугер М. А., Ажогин Ф. Ф., Ефимов Е. А. Коррозия и защита материалов. – М.: Металлургия, 1981.
4. Томашов Н. Д.; Жук Н. П.; Титов В. А., Веденеева М. А. Лабораторные работы по коррозии и защиты металлов. – М.: Металлургия, 1971.
5. Рачев Х., Стефанова С.: Справочник по коррозии. – М.: Мир, 1982.

Приложение А

(обязательное)

Таблица А.1 – Стандартные электродные потенциалы некоторых окислительно-восстановительных систем

Электродный процесс	$\varphi^\circ$ , В	Электродный процесс	$\varphi^\circ$ , В
1	2	3	4
$Mg^{2+} + 2e = Mg$	-2,37	$Co^{2+} + 2e = Co$	-0,28
$Al^{3+} + 3e = Al$	-1,66	$Ni^{2+} + 2e = Ni$	-0,25
$Ti^{2+} + 2e = Ti$	-1,63	$Mo^{3+} + 3e = Mo$	-0,20
$Zr^{4+} + 4e = Zr$	-1,53	$Sn^{2+} + 2e = Sn$	-0,14
$Ti^{3+} + 3e = Ti$	-1,21	$Pb^{2+} + 2e = Pb$	-0,13
$V^{2+} + 2e = V$	-1,19	$Fe^{3+} + 3e = Fe$	-0,037
$Mn^{2+} + 2e = Mn$	-1,18	$2H^+ + 2e = H_2$	-0,00
$Ta^{5+} + 5e = Ta$	-1,12	$Sn^{4+} + 4e = Sn$	+0,007
$Nb^{3+} + 3e = Nb$	-1,10	$Bi^{3+} + 3e = Bi$	+0,20
$Nb^{5+} + 5e = Nb$	-0,96	$Sb^{3+} + 3e = Sb$	+0,24
$Cr^{2+} + 2e = Cr$	-0,91	$Cu^{2+} + 2e = Cu$	+0,34
$V^{3+} + 3e = V$	-0,84	$Cu^+ + e = Cu$	+0,52
$2H_2O + 2e = H_2 + 2OH^-$	-0,83	$Rh^+ + e = Rh$	+0,60
$Ta_2O_5 + 10H^+ + 10e = 2Ta + 5H_2O$	-0,81	$Au^+ + e = Au$	+1,68
$Zn^{2+} + 2e = Zn$	-0,76	$Pb^{4+} + 4e = Pb$	+0,78
$Cr^{3+} + 3e = Cr$	-0,74	$Ag^+ + e = Ag$	+0,799
$Fe^{2+} + 2e = Fe$	-0,44	$Rh^{3+} + 3e = Rh$	+0,80
$2H^+ + 2e = H_2$ (при pH=7)	-0,41	$Pd^{2+} + 2e = Pd$	+0,99
$Cd^{2+} + 2e = Cd$	-0,402	$Pt^{2+} + 2e = Pt$	+1,19
$O_2 + 2H_2O + 4e = 4OH^-$	-0,401	$O_2 + 4H^+ + 4e = 2H_2O$	+1,23
$In^{3+} + 3e = In$	-0,34	$Au^{3+} + 3e = Au$	+1,50

Таблица А.2 – Энергия (теплота) активации Q подвижности водородных ионов

T, К	273	291	298	323	348	373
Q, кДж/моль	11,81	10,38	8,00	5,99	3,73	

Таблица А.3 – Энергия активации Q разряда водородных ионов в растворах кислот на разных электродах

Электрод	Электролит	Q, кДж/моль
Галлий	0,2 н H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	63.6
Медь	0,1 н H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	41.5
Палладий	0,2 н H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	37.7
Платина	0,2 н H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	48.2

Ртуть	0,2 н H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	75.4
	0,1 н H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	89.2
	10,0 н HCl	67.0

Таблица А.4 – Состав электролитов для цинкования, г/л

Компонент	Содержание в электролите	
	N 1 (кислый)	N 2(пирофосфатный)
ZnSO <sub>4</sub> 7H <sub>2</sub> O	200	
KAl(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> 12H <sub>2</sub> O	30	
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 10H <sub>2</sub> O	50	
K[Zn(P <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ) <sub>2</sub> ]	-	0,75н
KP <sub>2</sub> O <sub>7</sub> 3H <sub>2</sub> O	-	0,75-н
NaHPO <sub>4</sub> 12H <sub>2</sub> O	-	0,4-н
Декстрин	3	3