

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева»**

**Кафедра энергоресурсосберегающих процессов
в химической и нефтегазовой технологиях**

**Составитель
Е. Ю. Старикова**

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ЦИНКОВАНИЕ

**Методические указания к лабораторной работе № 7
по дисциплинам «Конструкционные материалы
в химической технологии», «Защита металлов от коррозии»**

**Рекомендованы учебно-методическими комиссиями
направлений подготовки 18.03.01 Химическая технология,
18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы
в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
в качестве электронного издания
для использования в образовательном процессе**

Кемерово 2019

Рецензент

Михайлов Г. С. – доцент кафедры энергоресурсосберегающих процессов в химической и нефтегазовой технологиях.

Старикова Елена Юрьевна.

Электрохимическое цинкование: методические указания к лабораторной работе № 7 [Электронный ресурс] для обучающихся направления подготовки 18.03.01 Химическая технология по дисциплине «Конструкционные материалы в химической технологии», направления подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии по дисциплине «Защита металлов от коррозии» всех форм обучения / сост.: Е. Ю. Старикова; КузГТУ. – Электрон. дан. – Кемерово, 2019. – Систем. требования: Pentium IV; ОЗУ 4 Гб; Windows 7.

Составлены с целью оказания методической помощи при выполнении лабораторной работы по дисциплинам «Конструкционные материалы в химической технологии», «Защита металлов от коррозии». Содержат теоретические положения, методику выполнения работы и контрольные вопросы. Приведен список рекомендуемой литературы.

© КузГТУ, 2019

© Старикова Е. Ю.,
составление, 2019

1. Цель работы

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

2. Теоретические положения

Цинкование – это нанесение цинка или его сплава на металлическое изделие для придания его поверхности определённых физико-химических свойств, в первую очередь высокого сопротивления коррозии. Цинкование – наиболее распространённый и экономичный процесс металлизации, применяемый для защиты железа и его сплавов от атмосферной коррозии. На эти цели расходуется примерно 40 % мировой добычи цинка. Толщина покрытия должна быть тем больше, чем агрессивнее окружающая среда и чем длительнее предполагаемый срок эксплуатации.

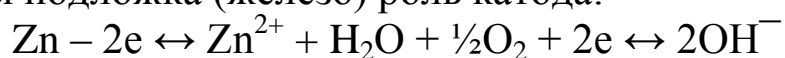
Цинк – серебристо-белый, в нормальных условиях довольно хрупкий металл плотностью $\sim 7,1 \text{ г/см}^3$ и температурой плавления около 420°C . Так же, как и железо, цинк относится к группе металлов повышенной термодинамической нестабильности, Стандартный электродный потенциал $E_{\text{Zn/Zn}^{2+}} = -0,76 \text{ В}$.

Вода почти не действует на цинк. Это объясняется тем, что при взаимодействии цинка с водой на его поверхности образуется гидроксид, который практически не растворим и препятствует дальнейшему течению реакции. Даже в слабокислой среде коррозия чистого цинка замедлена, что связано с достаточно высоким значением перенапряжения выделения водорода на цинке ($\sim 1 \text{ В}$). При содержании в цинке сотых долей процента примесей таких металлов, как, например, медь и железо, имеющих меньшее значение перенапряжения выделения водорода (соответственно 0,6 и 0,5 В), скорость взаимодействия цинка с кислотами увеличивается в сотни раз.

На воздухе цинк окисляется, покрываясь тонкой, но прочной пленкой оксида или основного карбоната цинка. Эта пленка надежно защищает его от дальнейшего окисления и обуславливает высокую коррозионную стойкость.

В противоположность этому ржавчина, например, не образует сплошной пленки на поверхности железа и между отдельными кристаллами гидратированного оксида трехвалентного железа, имеются большие просветы, наличием которых и объясняется склонность железа к прогрессирующей коррозии.

Высокие противокоррозионные свойства цинка при нанесении его на железо (сталь) обусловлены еще и тем, что цинк имеет электрохимический потенциал ниже, чем железо, поэтому в электрохимической паре цинк-железо, возникающей в присутствии воды (влаги), цинк выполняет роль анода и растворяется, а металлическая подложка (железо) роль катода:



В результате чего имеет место пассивация стали за счет подщелачивания. Ионы цинка реагируют с диоксидом углерода, находящимся в воздухе. Это сопровождается образованием плотных слоев нерастворимых карбонатов цинка, тормозящих дальнейшее развитие коррозионного процесса.

Широкое применение в технике защиты от коррозии имеют металлопокрытия, полученные электролитическим методом — анодные и катодные. Потенциал защитного металла анодного покрытия (цинк, кадмий) более электроотрицателен, чем потенциал основного металла (стали). В этом случае сталь защищается от коррозии не только механически, но и электрохимически, так как, являясь анодом, покрытие корродирует и катодно поляризует и тем защищает открытые участки (поры) стали. Потенциал катодных покрытий (свинец, олово, никель и др.) более положителен, чем потенциал стали; следовательно, сталь разрушаться не будет только до тех пор, пока защитный слой остается сплошным, так как катодное покрытие защищает основной металл в активных средах только механически.

Как у анодных, так и у катодных покрытий с увеличением толщины слоя уменьшается пористость, поэтому толщина слоя является весьма важной характеристикой покрытий.

Пористость покрытия зависит от качества подготовки поверхности образца перед покрытием и от чистоты электролита. Оставшиеся на поверхности образца жиры и окислы, а также взвешенные частицы в электролите увеличивают пористость по-

крытия. Чем больше газовыделение на образце в процессе его покрытия, тем больше пор в покрытии.

Электролитический метод нанесения металлического покрытия состоит в электролизе растворов, содержащих соль осаждаемого металла. Анодом служит металл покрытия, катодом — образец (изделие). Под действием постоянного электрического тока, получаемого от внешнего источника, на катоде, куда притекают из внешней цепи электроны, происходит разряд положительно заряженных ионов металла из раствора и образование металлопокрытия. Растворяющийся при электролизе анод посылает в раствор положительно заряженные ионы металла, поддерживая тем самым постоянство их концентрации.

Количественно электролиз подчиняется законам Фарадея, на основании которых можно подсчитать выход по току, толщину слоя металлопокрытия и время для получения слоя защитного металла заданной толщины.

Для электрохимического цинкования применяют различные электролиты, из которых наибольшее распространение получили кислые (сульфатные, фторборатные).

Из кислых электролитов цинк выделяется на катоде в результате разряда простых гидратированных ионов. В электролитах без добавок процесс протекает при низкой катодной поляризации, что приводит к осаждению крупнокристаллических покрытий. Такие электролиты имеют низкую рассеивающую способность и применяются для нанесения покрытий на листовую сталь (полосу), проволоку при высоких плотностях тока. Для получения более мелкокристаллических покрытий к электролиту добавляют органические добавки, например декстрин. Рассеивающая способность в присутствии добавок также повышается. Для увеличения электропроводимости в эти электролиты добавляют сульфаты или хлориды щелочных металлов. Обычно кислотность простых электролитов имеет небольшой диапазон в пределах $\text{pH} = 3,5 \div 4,5$. При увеличении кислотности катодный выход по току падает вследствие увеличения скорости выделения водорода, а анодный возрастает вследствие коррозии цинкового анода.

Кислые электролиты обладают рядом ценных свойств: они устойчивы в работе, не ядовиты, допускают применение высоких плотностей тока, особенно при перемешивании.

3. Методика и порядок проведения работы

Собирают установку для цинкования по схеме, изображенной на рисунке.

Термостат 1 заполняют до половины холодной водой. В стеклянный стакан 3 наливают электролит для цинкования (0,8 л) и ставят стакан в термостат.

Стальные образцы зачищают наждачной бумагой (крупной, затем мелкой), промывают горячей водой с кальцинированной содой, затем ополаскивают холодной водой, просушивают в сушильном шкафу. Обезжиривают образцы ацетоном и взвешивают на аналитических весах.

Подготовленные образцы закрепляют в катодных клеммах 6. В анодной клемме закрепляют цинковую пластину 7. Крышкой 2 с закрепленными катодами и анодом осторожно закрывают термостат.

Подключают источник питания 8 и устанавливают переключатель напряжения в заданное положение. При проведении опыта измеряют температуру электролита с помощью термометра 4 и силу тока с помощью амперметра на источнике питания. Продолжительность цинкования 30 мин, плотность тока $0,0075 \div 0,0125 \text{ А/см}^2$.

По истечении заданного времени выключают ток, осторожно поднимают крышку с электродами и закрепляют ее на штативе 5, отсоединяют стальной катод 6, промывают холодной водой, сушат фильтровальной бумагой и в сушильном шкафу при температуре $100 \div 120 \text{ }^\circ\text{C}$. Высушенные образцы взвешивают на аналитических весах.

Результаты измерений записывают в таблицу.

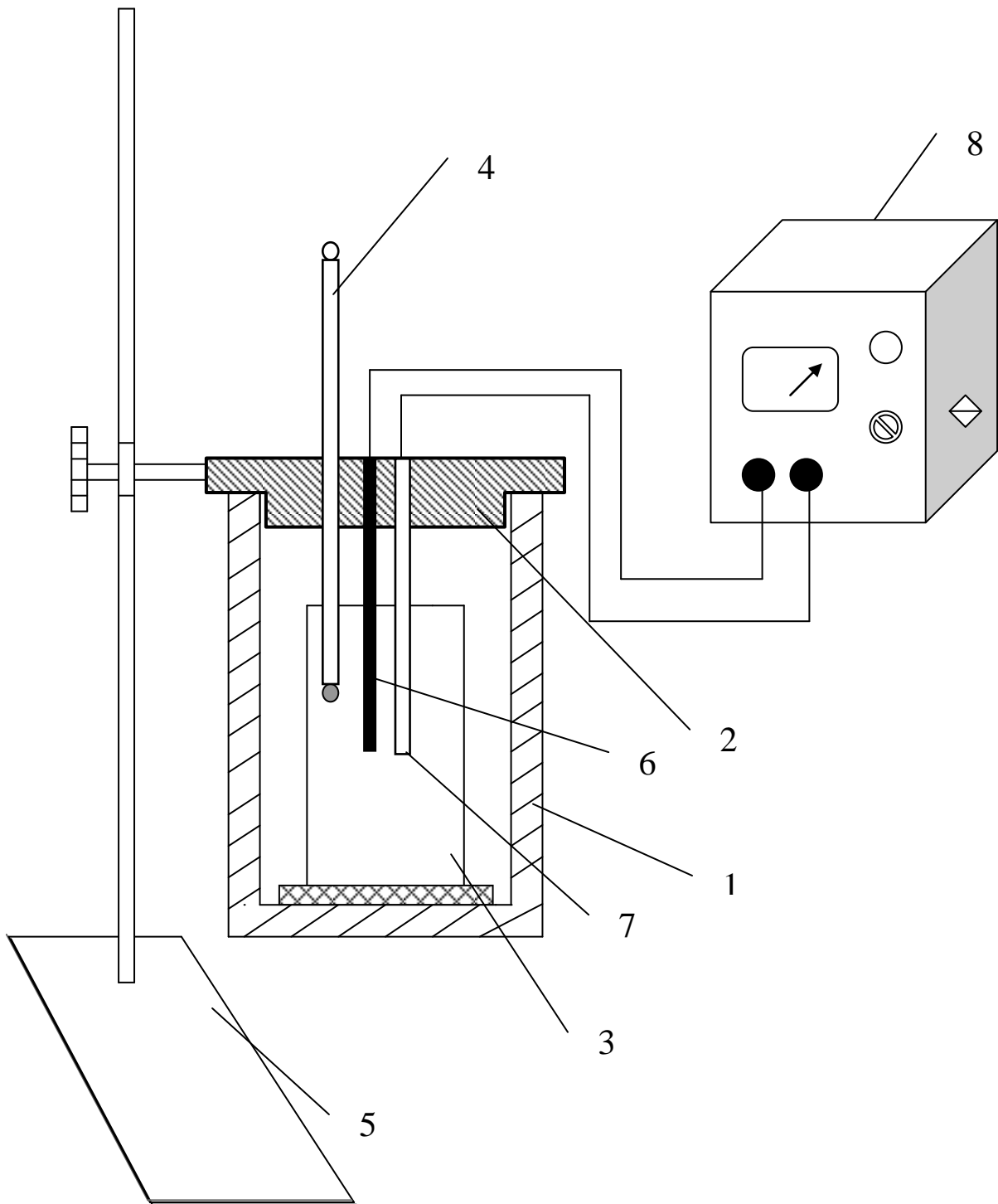


Схема установки

- 1 – термостат; 2 – крышка термостата; 3 – стеклянный стакан
с раствором электролита; 4 – термометр; 5 – штатив;
6 – стальной катод; 7 – цинковый анод;
8 – источник постоянного тока

Номер образца	Вес образца без покрытия, г	Вес образца с покрытием, г	Масса выделившегося металла, г	Размеры покрытия, мм	Поверхность покрытия, см ²	Напряжение, В	Сила тока, А	Плотность тока, А/дм ²	Температура электролита, °С	Время цинкования, мин	Средний выход металла по току η, %, ф. (1)	Толщина покрытия по весовому методу (3), мкм	Толщина покрытия Расчетная, по ф. (2), мкм	Качественные характеристики покрытия (цвет, блеск, шероховатость, равномерность)

4. Обработка опытных данных

Средний выход металла по току рассчитывают по формуле

$$\eta = \frac{m}{I\tau C} \cdot 100\% , \quad (1)$$

где m – масса фактически выделившегося металла, г; I – сила тока во время электролиза, А; τ – продолжительность электролиза, ч; C – электрохимический эквивалент осаждаемого металла, г/(А·ч). Для цинка $C = 1,22$ г/(А·ч).

Толщину слоя покрытия вычисляют по формулам

$$h = \frac{i_k \tau C \eta 10000}{\rho} , \text{ мкм}, \quad (2)$$

где h – толщина покрытия, мкм; ρ – плотность цинка, г/см³;

i_k – катодная плотность тока, А/см², $i = \frac{I}{S}$;

$$h = \frac{m}{S\rho} 10000 , \quad (3)$$

где h – толщина покрытия, мкм; m – масса фактически выделившегося металла, г; S – поверхность полученного цинкового покрытия, см².

Сопоставляют значения толщины слоя покрытия, полученные по формуле (2) и (3), и объясняют причины расхождения.

Оценивают изменение количественных и качественных характеристик полученных покрытий и отмечают это в выводе.

5. Правила безопасной работы

1. Проводить эксперимент обязательно в халате.
2. Вынимать из клемм образцы только после отключения источника тока.
3. Сливать раствор для цинкования из стакана по окончании опыта обязательно в соответствующую склянку.
4. При попадании на руки раствора необходимо тщательно промыть их большим количеством проточной воды.
5. При попадании растворов на одежду, кожу и окружающие предметы – тщательно промывают водой.
6. Вынутые из клемм катоды необходимо сразу поместить в подготовленный стакан с водой, а затем тщательно промыть проточной водой.

6. Требования к отчету

Отчет оформляется на листах формата А4 (297×210 мм) с рамками и штампами и должен содержать:

- титульный лист установленного образца;
- цель работы и кратко изложенные теоретические положения;
- эскиз установки с краткой экспликацией;
- порядок выполнения работы;
- таблицу с результатами эксперимента;
- примеры расчетов;
- анализ результатов эксперимента и выводы по работе.

7. Контрольные вопросы

1. С какой целью наносят на поверхность стальных изделий цинковые покрытия?
2. Электрохимическая характеристика цинка.
3. От чего зависят свойства и толщина цинковых покрытий?
4. Как устроена лабораторная установка для электрохимического цинкования?

5. Какими методами определяются в работе толщина полученного цинкового покрытия?

Список рекомендуемой литературы

1. Семенова, И. В. Коррозия и защита от коррозии / И. В. Семенова, Г. М. Флорианович, А. В. Хорошилов. – 2-е изд. – Москва: Физматлит, 2006. – 376 с.

2. Томашов, Н. Д. Лабораторные работы по коррозии и защите металлов / Н. Д. Томашов, Н. П. Жук, В. А. Титов. – Москва: Металлургия, 1971. – 280 с.

3. Практикум по прикладной электрохимии / Н. Г. Бахчисарайцын, Ю. В. Борисоглебский, Г. К. Буркат [и др.] – 3-е изд. – Ленинград: Химия, 1990. – 304 с.