

№ 1691

**МИСиС**

---

А.В. Казакевич

Ю.Я. Андреев

А.Ф. Ковалев

# **Защитные покрытия на металлопродукции**

Металлические покрытия

Лабораторный практикум

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

№ 1691

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ СТАЛИ и СПЛАВОВ**  
Технологический университет



Кафедра защиты металлов и технологии поверхности

А.В. Казакевич

Ю.Я. Андреев

А.Ф. Ковалев

# **Защитные покрытия на металлопродукции**

Металлические покрытия

Лабораторный практикум

Допущено учебно-методическим объединением по образованию в области металлургии в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям Металлургия и Физическое материаловедение

УДК 620.193  
К14

Рецензент  
канд. физ.-мат. наук, доц. *А.О. Родин*

**Казакевич А.В., Андреев Ю.Я., Ковалев А.Ф.**  
К14      **Защитные покрытия на металлопродукции. Металлические  
покрытия: Лаб. практикум. – М.: МИСиС, 2007. – 109 с.**

Практикум содержит описание двадцати двух лабораторных работ, выполняемых студентами специальностей 150701, 150102, 150104 и 150105 при изучении металлических покрытий в рамках курса «Гальванические металлические покрытия на металлопродукции».

При проведении лабораторных работ студенты получают навыки нанесения гальванических покрытий на металлические подложки и определения закономерностей электродных процессов, а также приобретают компетенции умения сопоставлять технологические параметры процесса со свойствами формируемых покрытий, прогнозировать возможные направления улучшения качества покрытий и их эксплуатационных свойств.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	5
Лабораторная работа 1. Определение рассеивающей способности электролитов цинкования.....	7
Лабораторная работа 2. Определение рассеивающей способности электролитов никелирования .....	11
Лабораторная работа 3. Электрокристаллизация цинка из растворов простых и комплексных солей .....	13
Лабораторная работа 4. Влияние состава электролита и режима электролиза на качество покрытия .....	17
Лабораторная работа 5. Влияние состава электролита на толщину и пористость гальванического покрытия .....	21
Лабораторная работа 6. Влияние рН электролита на процесс никелирования и качество никелевого покрытия.....	25
Лабораторная работа 7. Влияние толщины никелевого покрытия на его пористость .....	29
Лабораторная работа 8. Влияние режима электролиза на выход по току при цинковании .....	32
Лабораторная работа 9. Влияние температуры на выход по току при хромировании .....	36
Лабораторная работа 10. Влияние состава электролита на выход по току и качество покрытия при хромировании.....	40
Лабораторная работа 11. Влияние режима электролиза на выход по току и качество покрытия при хромировании.....	43
Лабораторная работа 12. Электролитическое сплавообразование ....	46
Лабораторная работа 13. Деполяризация при электроосаждении сплава.....	52
Лабораторная работа 14. Влияние загрязнения электролита на качество никелевого покрытия.....	56
Лабораторная работа 15. Влияние подготовки поверхности металла на адгезию никелевого покрытия .....	59
Лабораторная работа 16. Основные операции при горячем цинковании.....	63
Лабораторная работа 17. Методы флюсования при горячем цинковании стали .....	66
Лабораторная работа 18. Катодная поляризация при электролитическом меднении .....	69

Лабораторная работа 19. Влияние режима электролиза на выход по току и толщину покрытия при электролитическом меднении.....	73
Лабораторная работа 20. Влияние режима электролиза и состава электролита на выход по току и толщину покрытия при электролитическом никелировании.....	77
Лабораторная работа 21. Фосфатирование стали.....	80
Лабораторная работа 22. Анодирование алюминиевых сплавов.....	85
Приложения .....	90

## Введение

### ОБЩИЕ ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ И ОФОРМЛЕНИЯ ОТЧЕТА

Условием успешного выполнения лабораторной работы является сознательное ее проведение, подробная запись условий исследования и результатов измерений.

Отчет по лабораторной работе рекомендуется составлять по следующей схеме:

- название работы;
- краткое теоретическое введение;
- методика работы (схема установки, порядок и условия опытов);
- результаты экспериментов и их обработка;
- выводы.

С исчерпывающей полнотой в отчете должны быть приведены условия экспериментов: исследуемые металлы, величина поверхности образцов, состав и концентрация электролитов, температура.

Результаты экспериментов, как правило, подлежат дополнительной обработке – аналитической и графической. При графическом представлении результатов обычно применяют прямоугольную систему координат. Масштаб для независимой переменной следует откладывать по оси ординат. Масштабы надо выбирать так, чтобы наносимая кривая занимала весь лист. При выборе шкал нет необходимости начинать с нулевого значения – допускается выбирать диапазон значений, ограниченный максимальным и минимальным значениями экспериментальных данных. Кривая, проводимая через точки, должна быть плавной, без необъяснимых разрывов и самопересечений, не следующих из отображаемой функциональной зависимости. Каждая кривая и сам график должны быть снабжены соответствующими надписями.

Графический анализ результатов заключается чаще всего в представлении опытных данных, спрямлении кривых с помощью функциональных сеток и определении коэффициентов эмпирических формул. В большей части работ этой формулой является уравнение Тафеля, коэффициенты которого требуется определить для того, чтобы сделать более или менее однозначные выводы о кинетике электродных реакций, протекающих при осаждении металлических покрытий.

На основании полученных и обработанных результатов следует сформулировать краткие выводы, которые должны содержать объяснение полученных результатов.

## **ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

Для обеспечения безопасности работы в лаборатории гальванических покрытий необходимо строго выполнять правила техники безопасности.

Проведение лабораторных работ связано с применением легко воспламеняющихся жидкостей (органических растворителей), горячих щелочей, растворов кислот. Попадание этих реагентов на кожу может вызвать ожоги или другие повреждения. Попадание реагентов на одежду может привести ее в негодность. Поэтому при выполнении работ следует выполнять следующие правила:

1. Не класть личные вещи на лабораторный стол.
2. Не курить во время работы.
3. По окончании работы установку необходимо привести в исходное состояние, все принадлежности к установке положить на свои места, а посуду вымыть.
4. При обезжиривании образцов с помощью органических растворителей использовать небольшие дозы этих веществ и немедленно закрывать склянку пробкой.
5. Работы, связанные с горячими щелочами и кислотами проводить только в вытяжном шкафу.
6. При переливании растворов следует пользоваться стеклянными воронками и мерными цилиндрами, которые после работы необходимо промыть водой.
7. При заполнении электролитических ключей следует пользоваться резиновой грушей; категорически запрещается набирать растворы в электролитические ключи с помощью рта.
8. Во избежание ожогов нельзя брать голыми руками неостывшие образцы, тигли и т.п.
9. О всех несчастных случаях необходимо немедленно сообщить преподавателю.

# Лабораторная работа 1

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАССЕИВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЭЛЕКТРОЛИТОВ ЦИНКОВАНИЯ

(4 часа)

### 1.1. Цель работы

Научиться определять рассеивающую способность электролитов.

### 1.2. Теоретическое введение

В соответствии с требованиями ГОСТов защитные покрытия должны быть сплошными с минимально допустимой величиной пористости. Кроме того, защитные покрытия должны быть максимально равномерными по толщине. Однако в реальных условиях при электрокристаллизации металла на деталях сложной конфигурации (а иногда и на деталях простой формы) покрытие имеет толщину, различную на выступающих частях и в углублениях детали. Многочисленными экспериментами показано, что равномерность осаждения металла по поверхности детали зависит как от режима электролиза, так и от состава раствора. Рассеивающей способностью (РС) электролита можно назвать свойство электролита способствовать формированию равномерного по толщине осадка при катодном восстановлении.

При отсутствии поляризации электродов плотность тока на отдельных участках катода (детали) обратно пропорциональна их расстоянию от анода. Если же при этом выход металла по току на катоде составляет 100 %, то толщина покрытия на разных участках будет обратно пропорциональна их расстоянию от анода. Отношение расстояний между анодом и разными (наиболее и наименее удаленными) участками катода называется первичным распределением тока на катоде.

Реальное распределение металла на катоде с рельефной поверхностью существенно отличается от первичного распределения, что обусловлено явлением поляризации и разной поляризуемостью участков обрабатываемого изделия.

Экспериментально установлено, что РС электролита пропорциональна поляризуемости катода. Кроме того, РС выше для тех электролитов, в которых выход по току сильно снижается с ростом катодной плотности тока.



РС можно определять либо по результатам измерения катодной поляризации и падения напряжения в электролите, либо по изменению массы катодов, равноудаленных от анода. В последнем случае можно использовать ячейку Филда, ячейку Херинга–Блюма либо щелевую ячейку.

### 1.3. Аппаратура и методика выполнения работы

Работа выполняется в ячейке Филда, схема которой приведена на рисунке.

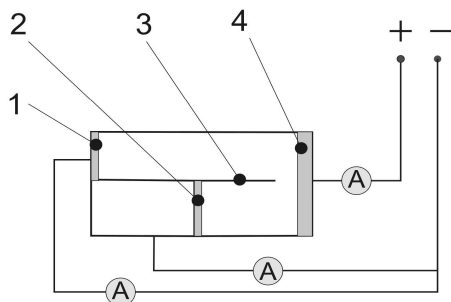


Схема установки: 1 – дальний катод; 2 – ближний катод; 3 – перегородка; 4 – анод

Эксперименты проводят в электролитах цинкования, составы которых приведены в табл. 1.1. Катодами служат стальные образцы.

Таблица 1.1

Состав рабочих растворов, г/л

Электролит	№ 1	№ 2
$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	200	–
ZnO	–	10
NaOH	–	100
$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$	30	–
$Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$	40	–
Добавка Экомет-Ц1Б, мл	–	5

Восемь подготовленных к нанесению покрытия образцов (методика подготовки образцов изложена в Приложении 1) взвешивают на аналитических весах и определяют их площадь.

Предварительно промытую водой ячейку Филда заполняют электролитом № 1. Катоды и анод устанавливают в пазы ячейки и подключают к источнику тока (анод – к «+», катоды – к «-»). Время осаждения покрытия 10 мин. Плотность тока 0,5 (или 1,0) и 2,0 А/дм<sup>2</sup>.

После тщательной промывки ячейку заполняют электролитом № 2. Катоды и анод устанавливают в пазы ячейки и подключают к источнику тока (анод – к «+», катоды – к «-»). Время осаждения покрытия 10 мин. Плотность тока 0,5; 1,0 и 2,0 А/дм<sup>2</sup>. После проведения каждого эксперимента определяют изменение массы образцов и результаты записывают в табл. 1.2.

Таблица 1.2

**Изменение массы образцов, г**

№ раствора	$i_k, \text{А/дм}^2$	№ образца	Масса образца		$\Delta m$
			до опыта	после опыта	
1	0,5 (1,0)	1			
		2			
	2,0	1			
		2			
2	0,5 (1,0)	1			
		2			
	2,0	1			
		2			

Примечание. Образец № 1 – ближний, образец № 2 – дальний.

**1.4. Обработка результатов эксперимента**

Величину рассеивающей способности электролита рассчитывают по формуле

$$PC = \left[ \left( \frac{l_d}{l_b} - \frac{m_b}{m_d} \right) / \frac{l_d}{l_b} - 1 \right] 100,$$

где  $l_b$  и  $l_d$  – расстояние между анодом и ближним и дальним катодами;  
 $m_b$  и  $m_d$  – масса покрытия на ближнем и дальнем катоде.

Результаты заносят в табл. 1.3.

Таблица 1.3

**Результаты эксперимента**

Электролит № 1					
№ образца	$i_k, \text{А/дм}^2$	$\Delta m_1$	$\Delta m_2$	$\Delta m_1 / \Delta m_2$	PC, %
	0,5 (1,0)				
	2,0				
	0,5 (1,0)				
	2,0				

Электролит № 2					
№ образца	$i_{R_2}$ , А/дм <sup>2</sup>	$\Delta m_1$	$\Delta m_2$	$\Delta m_1 / \Delta m_2$	РС, %
	0,5 (1,0)				
	2,0				
	0,5 (1,0)				
	2,0				

### Литература

Кудрявцев Н.Т. Электролитические покрытия металлами. М.: Химия, 1976.

Гальванические покрытия в машиностроении: Справочник. В 2 т. / Под ред. М.А. Шлугера. М.: Машиностроение, 1985.

### Контрольные вопросы

#### Для допуска к выполнению работы

1. Как определяют рассеивающую способность электролитов?
2. В чем отличие ячейки Филда от ячейки Херинга–Блюма?
3. Как определить рассеивающую способность электролита с помощью щелевой ячейки?
4. Использование какого катода, разборного или неразборного, предпочтительнее для определения рассеивающей способности?

#### К защите работы

1. Что такое рассеивающая способность?
2. Что такое первичное распределение тока?
3. Что такое вторичное распределение тока?
4. Чем отличается распределение тока от распределения металла?