

## Отзыв

на автореферат диссертации Шелухина Михаила Александровича «Разработка технологического процесса электроосаждения сплава цинк-никель из щелочного электролита», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.9 «Технология электрохимических процессов и защита от коррозии»

Для защиты стальных изделий от коррозии широко применяют гальванические покрытия на основе цинка, которые эффективно предохраняют сталь благодаря электрохимическому механизму защиты во влажных условиях. Однако из-за сильно отрицательного потенциала сам цинк отличается низкой стойкостью к коррозии и быстро разрушается в агрессивных средах. Известно, что легирование цинковых покрытий металлами подгруппы железа (например, никелем или кобальтом) существенно повышает их коррозионную устойчивость, смещая потенциал в более положительную область. Наилучшие защитные свойства и максимальная коррозионная стойкость достигаются при содержании никеля в покрытии на уровне 12–14 мас. %. При меньшем количестве Ni стойкость лишь немного превышает показатели чисто цинковых покрытий, тогда как при избытке никеля покрытие теряет способность обеспечивать электрохимическую защиту стальной подложки.

Многочисленные простые кислые электролиты, применяемые для осаждения цинк-никелевых сплавов, не получили широкого использования, поскольку состав покрытия сильно зависит от катодной плотности тока. Щелочные электролиты, напротив, обладают высокой рассеивающей способностью и обеспечивают стабильный состав сплава в широком диапазоне катодных плотностей тока, что особенно важно при обработке деталей сложной формы.

В настоящее время на предприятиях РФ используются преимущественно зарубежные технологические процессы, так как отечественных разработок, отвечающих современным требованиям к технологичности и эксплуатационным характеристикам цинк-никелевых покрытий, пока нет. Поэтому создание импортозамещающей технологии электроосаждения защитно-декоративных Zn–Ni покрытий с содержанием 12–14 мас. % никеля является актуальной задачей.

При решении поставленной задачи диссертантом установлено, что при введении в электролит для электроосаждения сплава цинк-никель аминспирта АС2 парциальные скорости осаждения в сплав цинка снижаются в большей степени, чем скорости восстановления никеля, за счет чего возрастает содержание никеля в сплаве.

Показано, что добавки Б1 и Б2 ингибируют процесс осаждения сплава примерно на 180–200 и 40–60 мВ соответственно, а при сочетании этих добавок поляризация процесса в рабочем диапазоне плотностей тока составляет 220–260 мВ. Показано деполяризующее действие (примерно на 100 мВ) добавки Б3 на процесс восстановления сплава.

Коррозионные испытания в камере соляного тумана показали, что цинк-никелевые покрытия, полученные из разработанного электролита, пассивированные как в растворах хроматирования, так и в растворах на основе РЗМ, по коррозионной стойкости и защитной способности сопоставимы с пассивированными кадмиевыми покрытиями (148 и 986 часов против 176 и 1038 часов соответственно) и существенно превосходят пассивированные цинковые (42 и 160 часов).

Определены технологические параметры процесса электроосаждения сплава цинк-никель в разработанном растворе, разработаны корректирующие концентраты и отработан режим корректировки раствора.

Полученные результаты могут быть использованы на гальванических производствах в



различных отраслях промышленности, а также для развития и совершенствования теории и практики электроосаждения металлов и сплавов.

Представленные данные достоверны, выводы научно обоснованы. Автором использован комплекс электрохимических и физико-химических методов исследования: потенциостатический, рентгенофлуоресцентная спектрометрия, сканирующая электронная микроскопия, рентгенофотоэлектронная спектрометрия и др.

Разработанная технология успешно протестирована на ООО «ПО «Металлист», АО «НИЦЭВТ», ООО ПК «НПП СЭМ.М», получены акты испытаний и рекомендации к внедрению в производство.

В качестве замечаний следует отметить следующее:

1. В автореферате указано, что экспериментально выбраны три лиганда: ПА3, ПА4 и ПА5, однако не объяснено, чем отличаются данные лиганды (длина цепи, количество аминогрупп), а также отсутствует информация о том, содержат ли данные лиганды другие функциональные группы, как, например, приведенный в качестве примера триэтаноламин. Желательно указать содержат ли лиганды другие функциональные группы, при наличии которых могут образовываться более устойчивые хелатные комплексы.

2. На стр. 8 на основании того, что АС2 не растворяется в отсутствии цинка, сделан вывод о том, что никель не образует комплекса с АС2. Данное утверждение некорректно, так как в электролите присутствует другой лиганд, образующий комплекс с никелем. То есть в данном случае можно утверждать только то, что константа устойчивости никеля с АС2 меньше, чем с ПА3.

Сделанные замечания носят частный характер и не влияют на общую положительную оценку работы.

В целом автором проведена большая исследовательская работа по изучению процесса электроосаждения сплава цинк-никель из щелочных электролитов. На основании изложенного считаю, что работа Шелухина Михаила Александровича на тему «Разработка технологического процесса электроосаждения сплава цинк-никель из щелочного электролита» соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденного приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 г. № 103 ОД., а ее автор, Шелухин Михаил Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.9 «Технология электрохимических процессов и защита от коррозии».

к.х.н., старший научный сотрудник  
ФГУП «ВНИИА» им. Н.Л. Духова»

Подпись Павловой Н.В. заверяю.  
Ученый секретарь НТС  
ФГУП «ВНИИА им. Н.Л. Духова», к.т.н.

Павлова Нина Владимировна  
05 декабря 2025 г.

Феоктистова Любовь Валерьевна

Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики имени Н.Л. Духова» (ВНИИА).

Адрес: 127030, г. Москва, Суховская ул., д. 22. Телефон: +7 (499) 978-78-03, e-mail: vniia@vniia.ru