

Основываясь на сказанном выше, можно перечислить достоинства и недостатки использования жесткого обратного торможения как составной части алгоритма движения:

достоинства:

- скорость вычислений;
- снижение вероятности возникновения неразрешимых светофорных ошибок;
- возможность моделирования других сложных дорожных ситуаций;

недостатки:

- снижение комфорта пассажиров;
- повышенный расход энергии.

Модель, предлагаемая авторами статьи, отличается от представленных ранее, возможностью имитировать светофорное регулирование в условиях городского электрического транспорта. В дальнейшем планируется учесть и другие случайные факторы, непосредственно влияющие на движение электрического подвижного состава городов.

УДК 656.2:002.6

УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

В. И. ПАВЛОВ, А. С. НЕВЕРОВ

Белорусский государственный университет транспорта

Учитывая значимость и актуальность вопросов экологической безопасности окружающей среды, в настоящее время большое значение приобретает такой аспект этой проблемы, как сбор и переработка техногенных соединений тяжелых металлов: никеля, хрома, цинка, кадмия, свинца, меди и других, очень широко применяемых в гальванопроизводстве.

Существует несколько источников образования и накопления соединений тяжелых металлов:

- 1 Накопление шлама, т.е. продуктов осаждения ионов тяжелых металлов в промывных щелочных растворах.
- 2 Накопление определенного количества высококонцентрированных электролитов и ванн, более не подлежащих коррекции.

Эти места образования и хранения соединений тяжелых металлов представляют собой потенциальную опасность отравления окружающей среды катионами никеля, хрома, цинка, меди, свинца и др. Это отравление может происходить в результате изменения значения рН сточных вод и, как следствие, растворения определенной массы гидроксидов тяжелых металлов с попаданием последних в коллекторы хозяйственной канализации, а также в результате умышленных сливов концентрированных электролитов.

Предложены электрохимические способы обработки как сточных вод гальванопроизводства, так и электролитов некорректируемых ванн, простые и экономные, с применением которых в качестве очистных факторов вода, подлежащая сливу, будет отвечать требованиям промышленной санитарии относительно содержания в воде катионов тяжелых металлов.

Электрохимическая обработка промывных вод (ванн улавливания) гальванопроизводства основана на абсорбирующей способности геля гидроксида алюминия в отношении катионов тяжелых металлов.

Лабораторная установка для реализации этого способа представляет собой стеклянную емкость – электролизер вместимостью 250 см³, по обеим сторонам которой диаметрально укреплены два алюминиевых электрода, достающие до дна электролизера. Они соединены с источником постоянного тока напряжением 15 В.

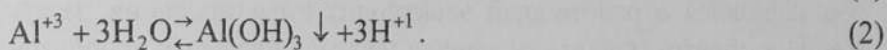
На этой установке была проведена электрохимическая обработка содержимого ванн улавливания гальванопроизводства ВРЗ. Данные анализа ВРЗ:

$\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 13,3 г/л (Ni^{+2} – 2,75 г/л),

ZnO – 4,9 г/л (Zn^{+2} – 3,93 г/л),

$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ – 3,7 г/л (Cu^{+2} – 0,95 г/л).

Через исходную воду пропускали постоянный электрический ток силой 0,7–0,9 А в течение 90 мин при непрерывном перемешивании. При этом происходило растворение анода и образование геля гидроксида алюминия:



Катионы Ni^{+2} , Zn^{+2} и Cu^{+2} сорбировались в объеме геля, занявшего к концу процесса около половины объема раствора. После этого сточная вода вновь была подвергнута анализу на содержание Ni^{+2} , Zn^{+2} и Cu^{+2} . Данные анализа лаборатории областного ЦГЭ и ОЗ:

содержание Ni^{+2} – 2,95 мг/л,

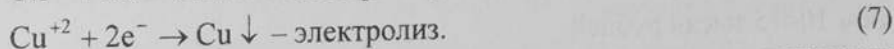
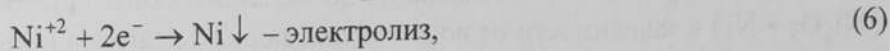
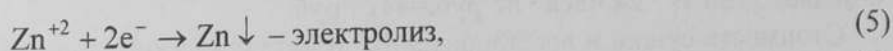
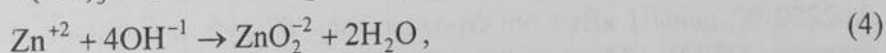
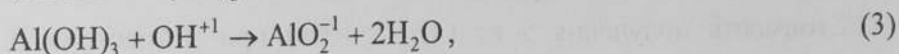
содержание Zn^{+2} – 0,52 мг/л,

содержание Cu^{+2} – 0,034 мг/л.

В результате электрохимической обработки содержимого ванн улавливания концентрация ионов Ni^{+2} , Zn^{+2} и Cu^{+2} уменьшилась по сравнению с данными анализа ВРЗ в 1000, 7560 и 30 000 раз соответственно и стала меньше (за исключением Ni^{+2}) значений ПДК для сточных вод гальванического производства.

Данные лабораторных исследований подтверждают целесообразность применения данного метода в системе очистки сточных вод гальванопроизводства. Метод прост, эффективен, не требует дорогих, дефицитных или токсичных материалов, не происходит выделения опасных газов. Регенерация заполненного ионами геля с использованием кислотно-щелочной обработки и вторичного электролиза (на той же установке) дает возможность получения в металлическом виде десорбированных катионов при небольших энергозатратах.

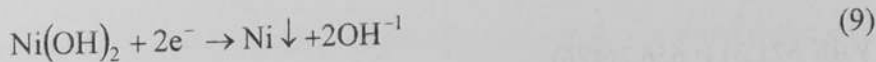
Примерные реакции регенерации геля $\text{Al}(\text{OH})_3$:



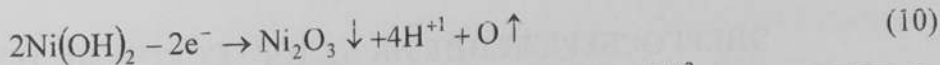
Обработка некорректируемого электролита никелирования была проведена нами на территории ЗИПа. Оработанный электролит содержал около 60 г/л ионов Ni^{+2} и подвергался химической и затем электрохимической обработке:



Катод



Анод

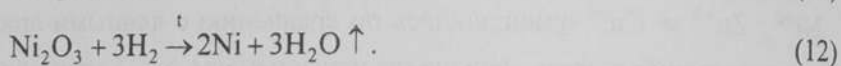
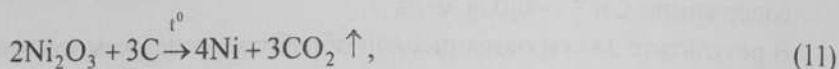


Оксид никеля III, образующийся в результате анодного окисления ионов Ni^{+2} , представляет собой твердое черное вещество, не растворимое в воде, крупнодисперсное. При восстановлении его углеродом или водородом при 750–900 °С образуется металлический порошок никеля, представляющий собой эффективный легирующий ингредиент, который также может служить исходным материалом для получения анодного никеля, никелевого катализатора, в производстве аккумуляторов, магнитостриктеров и т.д.

Электрохимический ред-окси процесс, протекающий в водно-солевой суспензии гидроксида никеля II, – это гетерогенный процесс, который происходит при контакте с электродами частиц $\text{Ni}(\text{OH})_2$ (см. реакции (9) и (10)). Скорость его находится в прямой зависимости от температуры суспензии, интенсивности ее перемешивания, вязкости суспензии межэлектродных расстояний, площади поверхности электродов, величины электрического напряжения, размеров частиц гидроксида никеля, времени процесса.

Практически обработка отработанного электролита никелирования проводилась в емкости из титана, футерованной изнутри винипластом и оборудованной штангами для завешивания графитовых электродов. Медные штанги соединены с промышленным выпрямителем ВАКР-1600. Рядом с ванной-электролизером располагалась емкость для приготовления раствора едкого натра. В электролизер заливался отработанный электролит никелирования, затем рассчитанное количество раствора NaOH и образовавшаяся суспензия перемешивалась с использованием воздушного барботажа.

Затем завешивались графитовые электроды: 8 анодов и 4 катода и включался ток силой 50–150 А при напряжении 10–15 В. Электролиз суспензии гидроксида никеля продолжался 24 часа при непрерывном барботаже и за это время $\text{Ni}(\text{OH})_2$ полностью превратился в черный осадок смеси Ni_2O_3 и Ni. Он промывался дважды водой, затем извлекался (вручную) из электролизера, высушивался и подвергался восстановлению как мелкодисперсным графитом, так и водородом при температуре 750–900 °С:



При использовании реакции (11) мелкодисперсный металлический никель отделялся от непрореагировавшего графита при помощи магнитной сепарации.

Содержание ионов Ni^{+2} в отработанном электролите никелирования было равно 60 г/л, после электролиза в течение трех суток (24 часа рабочего времени) концентрация Ni^{+2} в жидкой фазе суспензии $\text{Ni}_2\text{O}_3 + \text{Ni}$ имела значение 0,042 мг/л, т.е. содержание ионов в электролите никелирования в процессе гетерогенного электролиза с анодным окислением уменьшилось за 24 часа прохождения через суспензию постоянного электрического тока в 1 430 000 раз. Масса твердой фазы суспензии ($\text{Ni}_2\text{O}_3 + \text{Ni}$) была равна около 5 кг.

Стоимость получения 5 кг ($\text{Ni}_2\text{O}_3 + \text{Ni}$) при потребляемой мощности установки 15 В·150 А=2250 W, цены 1 кВт·ч электроэнергии – 82 руб. и времени электролиза суспензии – 24 часа составляет $2250 \text{ W} \cdot 24 \text{ часа} \cdot 82 \text{ руб.} = 4428 \text{ руб.}$

Стоимость сушки и восстановления до металлического никеля твердой фазы после электролиза ($\text{Ni}_2\text{O}_3 + \text{Ni}$) в зависимости от восстанавливающего реагента и других факторов составляет в среднем 10–15 тысяч рублей.

Экономичность, простота и эффективность описанной установки позволяют рекомендовать данный прототип к серийному выпуску установок различной мощности, функционирующих на принципе гетерогенного электролиза, в том числе и смеси нескольких катионов тяжелых металлов для очистки сточных вод гальванопроизводства, в том числе и на железной дороге.

УДК 621.311: 656.2(476)

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ НА БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ: НАПРАВЛЕНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ

М. А. ПАВЛОВ

Белорусская железная дорога

А. В. ШУРЕНКОВ, С. В. СМУТИН

Белорусский государственный университет транспорта

На предприятиях Белорусской железной дороги эксплуатируется значительное количество электрических и тепловых установок, большая часть из которых морально устарела, эксплуатируется с истекшими амортизационными сроками и, как следствие, большими эксплуатационными расходами. Во многих случаях из-за влияния человеческого фактора режим работы оборудования не соответствует технологическим процессам, в частности, работа станочного оборудования вхолостую,