

Е.С. Гогина А.Д. Гуринович Е.А. Урецкий

**РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ
ТЕХНОЛОГИИ
ПРОМЫШЛЕННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ
И ВОДООТВЕДЕНИЯ**



Е.С. Гогина, А.Д. Гуринович, Е.А. Урецкий

**РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ
ТЕХНОЛОГИИ
ПРОМЫШЛЕННОГО
ВОДОСНАБЖЕНИЯ
И ВОДООТВЕДЕНИЯ**



Издательство Ассоциации строительных вузов
Москва 2012

УДК 628.1:628.2

ББК 38.761

Г 58

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор кафедры водоснабжения и водоотведения
Белорусского национального технического университета *Ю.П. Седлухо*;
доктор технических наук, профессор, Заслуженный деятель науки и техники
Российской Федерации *М.Г. Журба*

Гогина Е.С., Гуринович А.Д., Урецкий Е.А.

Ресурсосберегающие технологии промышленного водоснабжения и водоотведения: Справочное пособие. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2012. – 312 с.

ISBN 978-5-93093-871-5

В справочном пособии описан отечественный и зарубежный опыт очистки сточных вод и обработки отработанных технологических растворов и осадков предприятий приборо- и машиностроения, имеющих производства печатных плат, гальванических покрытий, покраски и металлообработки. Предложены схемы очистки, новые прогрессивные технические и технологические решения, а также технологические схемы очистки сточных вод и методы утилизации образующихся осадков.

Предназначено для студентов, магистров и аспирантов высших учебных заведений, а также для специалистов в области охраны окружающей среды, очистки природных и сточных вод и для работников научно-исследовательских и проектно-технологических организаций и промышленных предприятий.

© Гогина Е.С., Гуринович А.Д.,
Урецкий Е.А., 2012

© Издательство АСВ, 2012

ISBN 978-5-93093-871-5

ВВЕДЕНИЕ

Одними из наиболее опасных антропогенных загрязнителей окружающей среды являются предприятия приборо- и машиностроения.

В технологических процессах этих предприятий используется значительное количество металлов, солей, кислот и щелочей, органических и других веществ.

Экологически опасному производственному циклу нанесения защитных покрытий и печатных плат присущи:

- широкая номенклатура потребляемых химических материалов и цветных металлов;

- образование большого количество жидких концентрированных отходов ($0,2-2,0 \text{ м}^3/\text{м}^2$ покрытий);

- высокая токсичность и агрессивность используемых технологических растворов и электролитов, вызывающих необходимость проведения работ по защите работающего персонала и оборудования;

- неэффективное использованию цветных металлов (коэффициент использования – 30-80 %), кислот и щелочей (5-20%), энергоносителей (70-80%);

- нерациональное водопотребление ($0,1-4 \text{ м}^3/\text{м}^2$ покрытий);

- наличие в производственных сточных водах ионов тяжелых металлов;

- образование большого количества твердых отходов (гальваношламов) в процессе эксплуатации технологических ванн и очистки сточных вод, утилизация которых в значительной степени не решена.

Отходы производств защитных покрытий (в гальванических и окрасочных производствах), а также печатных плат наносят экологический ущерб с долгосрочными последствиями, а также экономический ущерб, являясь ценным химическим сырьём.

По экспертным оценкам, каждые последующие 10 лет объём нанесения гальванопокрытий будет возрастать в 1,5-2 раза. Такая тенденция соответствует положению дел в странах СНГ в целом, поскольку альтернативной замены гальваническим покрытиям по широкому спектру их свойств и экономике производства нет.

Необходимость совершенствования технологии производства, дефицит водных ресурсов, повышение требований к степени очистки сточных вод поставили предприятия перед необходимостью решения задач по созданию бессточных и безотходных производств. Для решения этих задач необходимы соблюдение определенных принципов построения водного хозяйства, внедрение оборотных циклов водоснабжения и разработка принципиально новых технологических процессов и схем, при реализации которых существенно снижается количество отходов или они практически ликвидируются.

Главными принципами построения экологически чистого ресурсосберегающего производства защитных покрытий (ПЗП), включая гальваническое и покраску, а также печатных плат (ППП) являются:

– осуществление производственного процесса при минимально возможном числе технологических операций;

– переход на непрерывные процессы и их интенсификация;

– предотвращение смешивания различных веществ и обеспечение как можно более быстрого их отделения в виде отходов, поскольку в этом случае обеспечиваются условия для их дальнейшей переработки и выделения в виде товарной продукции. Особенно важен для рассматриваемых производств последний принцип, который требует пересмотра схем формирования потоков сточных вод и их классификации, необходимость разделения обработки промывных вод и отработанных концентрированных растворов и электролитов.

В условиях постоянного роста цен на химикаты стоит вопрос создания комплекса технологий и оборудования, направленных на увеличение сроков службы электролитов и растворов и регенерацию из них цветных металлов и химикатов.

Современный технологический комплекс регенерации отработанных электролитов и металлов должен обеспечить:

– максимальное извлечение цветных металлов и химикатов;

– включение разработанных методов регенерации в технологический процесс ПЗП и ППП (создание участков по регенерации цветных металлов и химикатов);

– создание на предприятиях, имеющих развитое гальванопроизводство, центров по переработке электролитов и гальваношламов от очистки сточных вод.

Авторы благодарят за помощь канд. техн. наук Д.В. Павлова.

ГЛАВА 1. ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ И ВОДООТВЕДЕНИЕ В ГАЛЬВАНИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

1.1 Подготовительные операции

Перед нанесением гальванических покрытий на металлическую поверхность ее подвергают предварительной обработке для удаления загрязнений или устранения каких-либо дефектов поверхности.

Подготовка поверхности осуществляется с помощью механических, химических или электрохимических процессов, в том числе: снятие некачественных покрытий, обезжиривание, травление, декапирование, матирование, полирование, активация.

1.1.1 Обезжиривание поверхности

Для удаления загрязнений в виде жиров минерального, растительного или животного происхождения с поверхности деталей служат химическое, электрохимическое обезжиривание и обезжиривание в ультразвуковом поле.

Для химического обезжиривания используют кислотные и щелочные моющие растворы, органо-щелочные эмульсии и др., которые обладают хорошими обезжиривающими свойствами, химической стойкостью и низкой стоимостью. Основными компонентами этих растворов являются едкий натр (до 50-100 г/л), серная кислота (до 170 г/л), хлористый натрий (до 80-100 г/л), фосфаты (до 80 г/л), кальцинированная сода (до 100 г/л), силикат натрия (до 30 г/л), калий марганцевокислый (до 100 г/л), поверхностно-активные вещества (до 30-50 г/л). Органические растворители: керосин, бензин, трихлорэтилен и др. применяют при наличии специального оборудования и выполнении соответствующих мер безопасности.

Электрохимическое обезжиривание позволяет интенсифицировать процесс очистки деталей, иногда оно применяется и после процесса химического обезжиривания. Основные компоненты растворов: едкий натр (до 100 г/л), сода кальцинированная (40-50 г/л), фосфаты (40-60 г/л), для повышения моющей способности добавляют силикат натрия, поверхностно-активные вещества (ПАВ) и др.

Применение ультразвука позволяет увеличить скорость процесса обезжиривания, повысить качество очистки сложных поверхностей, уменьшить расход моющих веществ, сократить затраты ручного труда и т. п.

Процессы обезжиривания ведут при температуре растворов (40-100 °С).

Отработанные технологические растворы после обезжиривания периодически сбрасывают в канализацию кислотнo-щелочные сточных вод.

1.1.2 Травление

Травление металла позволяет удалить с его поверхности окисные или солевые пленки, образовавшиеся под влиянием внешней среды или в процессе обработки детали (термической, механической, химической). К группе раство-

ров травления можно отнести также растворы декапирования, активации, пассивирования, матирования, полирования, снятия покрытий, в которых накапливаются большие количества металла.

Процесс травления осуществляют химическим способом.

По химическому составу можно выделить:

- а) кислотные растворы (HCl , H_2SO_4 , H_2SO_4 и CrO_3 , HNO_3 и H_2SO_4 , HNO_3 и HF , HF и H_3PO_4);
- б) нейтральные;
- в) щелочные (NaOH , Na_2CO_3 , Na_3PO_4);
- г) щелочные, с добавками комплексообразователей или ингибиторов.

Отработанные технологические растворы травления также, как правило, сбрасывают в канализацию кислотно-щелочных сточных вод.

1.2 Нанесение гальванических покрытий

Для защитно-декоративной отделки металлических изделий в настоящее время применяют много разных электрохимических покрытий. Постоянное повышение требований к качеству этих покрытий влечет за собой появление новых и новых технологических растворов.

В соответствии с существующим подходом к методам обработки сточных вод электролиты объединяют в три основные группы:

- хромсодержащие;
- циансодержащие;
- кислотно-щелочные.

Из последней группы иногда выделяют в отдельную подгруппу фторсодержащие и органосодержащие электролиты.

В состав электролитов хромирования, кроме хромового ангидрида, входят в качестве катализаторов процесса сульфатсодержащие вещества: H_2SO_4 , SrSO_4 , ZnSO_4 и др.

Дополнительно к ним часто вводят фторсодержащие компоненты: K_2SiF_6 , KF и др. Кроме указанных соединений, иногда применяют NaOH или Na_2CO_3 , соли, Al и Mg , La_2O_3 , гетерополикислоты на основе Si , W , Mo , P .

Использование электролитов на основе Cr^{3+} представляется более предпочтительным, чем из растворов на основе Cr^{6+} в отношении обезвреживания отработанных растворов. В состав подобных электролитов входят основные соли хрома ($\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$; $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ и др.), буферизирующие добавки, соли для повышения электропроводности, смачиватели, а также слабые комплексообразователи для повышения рН гидроксидообразования.

Улучшение свойств хромовых покрытий достигают введением в электролиты на основе Cr^{6+} легирующих добавок – Cd , Zn , V , Mo , W . Электролиты для процессов цианистого меднения, кадмирования, цинкования и других готовят из водных растворов простых и комплексных солей цианистоводородной кислоты – NaCN , KCN , $\text{Cu}(\text{CN})_2$, $\text{Cd}(\text{CN})_2$, AgCN , $\text{NaCu}(\text{CN})_2$; солей тяжелых металлов – ZnO , ZnSO_4 , AgCl , HgCl_2 и других, а также NaOH , Na_2CO_3 , K_2CO_3 .

Состав кислотных и щелочных электролитов определяется видом наносимого покрытия – цинкование, никелирование, меднение, кадмирование, оловянирование и др.

Кроме основных металлов, добавляют различные соли, кислоты, щелочи, блескообразующие и др.

1.3 Методы обработки отработанных технологических растворов гальванических производств

Опыт обследования гальванических производств многочисленных предприятий различных отраслей показал, что объём сбрасываемых на очистку отработанных технологических растворов составляет 2-5 % от общего объёма сточных вод, подвергаемых обработке на локальных очистных сооружениях. В то же время содержание загрязняющих веществ в них составляет 45-75 % от общего объёма загрязнений.

Большие потери дорогостоящих материалов происходят из-за так называемых «залповых» сбросов, когда в результате невыполнения регламентов технического обслуживания гальванических ванн электролиты выходят из строя и их выливают в канализацию. На многих предприятиях вводятся нормативы для смены электролитов через несколько месяцев.

Практически же электролиты при своевременном их корректировании и соблюдении правил работы на ваннах могут служить без частичной или полной их замены многие годы.

Понятие «отработанные технологические растворы» (ОТР) можно применять лишь к химическим процессам, например, химическое никелирование или меднение, процессы травления, хроматирования, оксидирования и т.п.

Для увеличения сроков службы электролитов необходимо:

- не допускать падения деталей с подвесочных приспособлений на дно ванны, так как упавшие детали, растворяясь, загрязняют электролит солями меди, железа, цинка, свинца, олова;

- следить за тем, чтобы латунные крючки, к которым крепятся аноды, не омывались электролитом при повышении его уровня в ваннах, так как в этом случае происходит их анодное растворение и попадание в электролиты меди и цинка;

- тщательно обезжировать и промывать детали во избежание занесения с деталей органических примесей (масел) и травильных растворов;

- не допускать попадания смазочных масел в электролит с монорельсов, тельферных устройств и др.

Причины сброса ОТР давно известны и связаны они со следующими ситуациями:

- выработка в растворах электролитов отдельных веществ и одновременное накопление продуктов реакции, ингибирующих основные технологические процессы;

- нарушение соотношения основных компонентов растворов в гальванических ваннах;

– повышение концентрации механических примесей, выпадение нерастворимых соединений в виде шламов, образование суспензий и эмульсий, снижающих эффективность технологических процессов;

– накопление продуктов распада (деструкции) отдельных компонентов (блескообразующих добавок и пр.).

В тех случаях, когда заменяют раствор какого-либо химического процесса электролизом, химическим осаждением или другими методами, необходимо извлечь металл. Известно большое число таких способов – поддержание оптимального соотношения анодной и катодной поверхности, использование кассет для анодного материала и т.п.

Основными методами для создания экологически чистых производств при обработке отработанных технологических растворов и концентратов (элюатов) являются регенерация, утилизация и обезвреживание.

Под *регенерацией* понимают процесс, обеспечивающий восстановление технологических свойств раствора. Реализация этого процесса, как правило, осуществляется путём создания непрерывно функционирующего замкнутого контура «технологическая ванна – регенерационная установка». Создание подобных контуров позволяет резко увеличить продолжительность использования электролитов, соответственно – уменьшить потребность в используемых химикатах при одновременном повышении качества гальванических покрытий. Постепенное накопление в электролитах ионов посторонних металлов, механических и других загрязнений снижает качество покрытия. Наиболее эффективна регенерация раствора или его обработка с целью утилизации цветных металлов, а также обезвреживание, чтобы не допустить загрязнения окружающей среды [1].

Под *утилизацией* понимают комплекс технических решений, с помощью которых можно обеспечить:

– использование ОТР на том же производстве или для других технологических нужд с учётом технологических свойств этих растворов;

– переработку ОТР в другие товарные продукты, которые можно использовать для иных целей в этом либо других производствах;

– извлечение из ОТР ценных компонентов, которые могут быть использованы как на этом, так и других производствах.

Под *процессом обезвреживания ОТР* понимают их нейтрализацию. Этот процесс часто реализуют путём взаимной нейтрализации ОТР либо обезвреживанием каждого из них в отдельности.

Для очистки электролитов от органических примесей в настоящее время применяют активированные угли, а для удаления посторонних металлов – селективный электролиз при низких плотностях тока (0,05-0,2 А/дм²).

Применение таких методов регенерации как подщелачивание и последующее осаждение гидроксидов металлов, обработка окислителями, сорбционная очистка довольно сложное и требует тщательного аналитического контроля и подготовки персонала.

Использование ионообменных смол для извлечения некоторых ионов металлов возможно только при создании материалов с селективными свойствами для каждого из металлов.

1.4 Развитие регенерационных процессов в технологии гальванопокрытий

Несмотря на множество разработок в области регенерации электролитов и растворов, создания оборудования для этих целей, большинство технологий и оборудования не нашли практического применения. Основная причина – отсутствие комплексности проведения исследований в отрыве от основной технологии. Привести весь спектр существующих разработок в области регенерации, утилизации и обезвреживания ОТР просто невозможно, поэтому ограничимся кратким перечислением наиболее распространённых технических решений по регенерации ОТР и утилизации ценных компонентов из них.

1.4.1 Регенерация растворов химического и электрохимического обезжиривания

Накопление в обезжиривающих растворах нефтепродуктов, продуктов омыления жиров и механических примесей разрушают эти растворы, что приводит к нерациональному использованию дефицитных содопродуктов и к загрязнению сточных вод нефтепродуктами.

Высокая степень очистки технологических растворов от перечисленных загрязнений достигается с помощью надежных в работе передвижных или стационарных локальных установок, основанных на применении ультрафильтрационного метода очистки, либо сочетания процессов электрофлотации и ультрафильтрации.

Электрофлотация является распространённым методом удаления жиров, нефтепродуктов и механических загрязнений. Сильнозагрязнённые растворы на основе NaOH – 20 г/л, Na_3PO_4 – 70 г/л, ОП-7 – 2 г/л, содержащие 3 г/л механических примесей и до 350 г/л минеральных масел, рекомендуется очищать в электрофлотационных установках под действием постоянного тока с анодами из стали Х18Н9Т и сетчатыми катодами при $D_k = 125\text{-}200 \text{ А/м}^2$ (для удаления масел) и $200\text{-}250 \text{ А/м}^2$ (для удаления механических примесей) [1], где D_k – выход по току на катоде.

1.4.2 Регенерация электролитов хромирования

В процессе хромирования электролиты загрязняются примесями ионов металлов, а также накоплениями ионов хрома из-за нарушения соотношения анодной и катодной поверхностей.

Схема локальной регенерации электролита хромирования [2] показана на *рис. 1.1.*

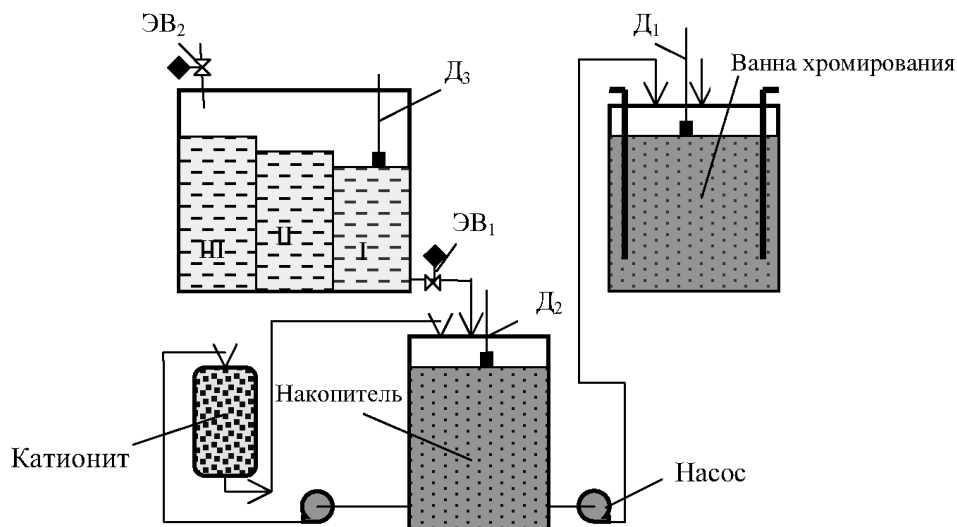


Рис. 1.1. Схема локальной регенерации электролита хромирования

Концентрат из отсека I ванны трехступенчатой каскадной промывки переливают в накопитель до заданного уровня, с помощью насоса непрерывно прокачивают через катионит, подвергая регенерации, и возвращают в накопитель. По мере испарения электролита по сигналу от датчика D_1 с помощью насоса концентрат из накопителя подается в ванну хромирования, по сигналу от датчика D_2 через электромагнитный вентиль ЭВ₁ – в накопитель из отсека I, по сигналу от датчика D_3 через вентиль ЭВ₂ – в отсек III.

Для удаления мешающих ионов металлов также используют ионообменный метод с применением сульфостирольной смолы КУ-2-8 в Н-форме. Регенерация катионитовых колонн производится 10%-ным раствором серной кислоты. Однако данный метод не получил широкого распространения, так как на практике он применяется для электролитов с концентрацией хромовой кислоты до 100 г/л. При более высоком её содержании происходит деструкция смол с одновременным восстановлением ионов хрома до 3-валентного состояния.

Воронежский государственный университет предлагает метод очистки концентрированных растворов с хромом от процессов химического оксидирования и анодирования на ионообменных установках. Стабильно процесс идёт при пропускании раствора последовательно через H^+ и OH^- ионообменные фильтры, если концентрация хрома (VI) не превышает 1 г/л.

Некоторые результаты получены при применении электродиализного метода.

ГНЦ РФ ОАО «НИИ ВОДГЕО» рекомендует метод регенерации хромосодержащих ОТР путём электролиза с применением электрохимически активных ионитовых мембран.

1.4.3 Регенерация никелевых электролитов

Основными вредными примесями в электролитах никелирования являются продукты разложения блекообразователей и добавок, вводимых для улучшения технологических характеристик электролитов, а также ионы посторонних металлов, особенно при обработке медных и цинковых сплавов.

В СНГ имеется положительный опыт очистки и регенерации никелевых электролитов без значительных капитальных затрат (корректировка раствора один раз в 3 мес., полная замена – один раз в 2 - 3 года) [2]. Для реализации поставленной задачи в состав гальванического оборудования входят ванны селективной очистки, которые устанавливают рядом с ваннами никелирования.

При подключении ванн к запасным емкостям и фильтровальным установкам обеспечивается циркуляция электролита по схемам ванна–фильтр–ванна; запасная емкость–фильтр–запасная емкость; ванна–фильтр–запасная емкость; запасная емкость–фильтр–ванна, а также слив отработанного электролита из ванны в систему очистки сточных вод.

Для фильтрации электролитов используют фильтровальные установки ДдГ2-0,3Р завода "Прогресс" (г. Бердичев) или FA23S (ЧССР), поставляемые в комплекте с линиями.

Схема локальной очистки и регенерации электролита блестящего никелирования [2] приведена на *рис. 1.2*.

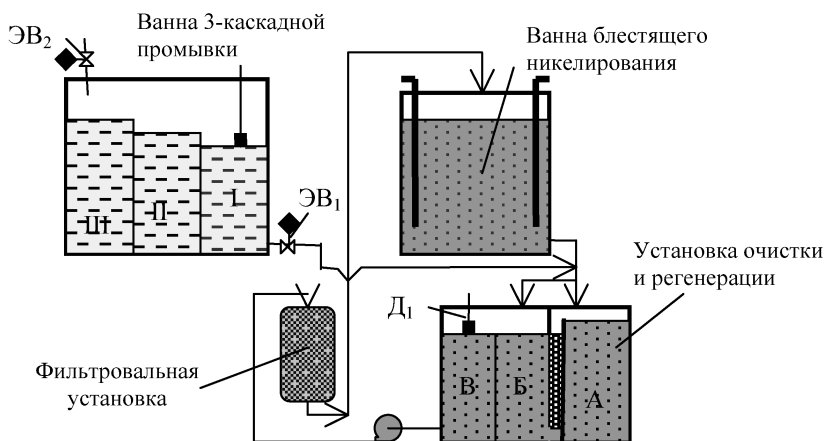


Рис. 1.2. Схема локальной очистки и регенерация электролита блестящего никелирования

Установка очистки и регенерации представляет собой ванну с тремя отсеками. Пространство между отсеками А и Б заполнено активированным углем. В отсеке I накапливается концентрат, который по мере испарения электролита никелирования по сигналу от датчика Д₁ через электромагнитный вентиль ЭВ₁

подается в отсек А (для селективной очистки электролита) до тех пор, пока уровень электролита в отсеке В (для осаждения излишков никеля) не достигнет нормы.

Уменьшение уровня концентрата в отсеке I компенсируется подачей обес-соленной воды в отсек III через электромагнитный вентиль ЭВ₂ по сигналу от датчика Д₂.

При никелировании стальных, медных или латунных изделий электролит при выходе из ванны разделяют на два потока (один проходит через активированный уголь, другой попадает сразу в отсек Б), что продлевает работоспособность активированного угля.

При никелировании изделий из цинковых сплавов весь электролит пропускают через активированный уголь, так как примеси цинка снижают эффективность селективной очистки.

Металлический никель, полученный при осаждении в отсеке В, используют затем в качестве анода в ванне никелирования.

Изделия после нанесения на них никелевого покрытия проходят последовательно три ступени каскадной противоточной промывки. Применение трех-ступенчатой каскадной промывки резко сокращает расход воды (на 1 м² поверхности изделий при одноступенчатой промывке – до 1000 л, двухступенчатой – до 50 л, трехступенчатой – до 8-10 л) [2].

1.4.4 Регенерация электролитов цинкования

При эксплуатации цианистых ванн цинкования в них накапливается карбонат натрия. Превышение его предельной концентрации (60 г/л) приводит к резкому снижению выхода по току и к необходимости снижения рабочих плотностей тока. Поддержание концентрации карбоната натрия на уровне ниже 60 г/л достигается за рубежом методом вымораживания.

Кроме того, в ваннах цианистого цинкования накапливается шлам в виде солей сложного состава (для среднего предприятия – до 1,5 т/год). Применение электрохимического окисления не дало положительных результатов, поэтому предложен малоотходный способ обезвреживания подобных шламов с применением перекиси водорода. Щелочные компоненты при этом используются для корректировки ванн электрохимического обезжиривания, а очистка электролитов от ионов меди эффективна с помощью цинковой пыли.

1.4.5 Регенерация электролитов меднения

Регенерацию медьсодержащих растворов можно осуществлять методами цементации и кристаллизации. Очистку электролитов меднения от небольшого количества примесей проводят селективной электролитической проработкой

Загрязнения (ионами меди, свинца) из электролита удаляют в процессе его обработки током низкой плотности (селективная очистка) на гофрированном стальном катоде, что позволяет значительно увеличить площадь последнего.

Процесс ведут при перемешивании и нагреве до 50-60 °С (величина рН раствора – от 2 до 2,5). Такое снижение рН раствора существенно уменьшает выход по току никеля, не влияя на токи восстановления меди и свинца. Перемешивание увеличивает выход по току меди и свинца.

Очистку электролитов начинают при плотности тока 0,05-0,1 А/дм², постепенно повышая ее до 0,5 А/дм². Пластины, покрытую осадком с примесями, нельзя оставлять в ванне без тока, так как примеси могут вновь раствориться.

В комплект автоматических и механизированных линий никелирования, выпускаемых Тамбовским заводом гальванического оборудования, входят ванны селективной очистки, которые устанавливают рядом с ваннами никелирования. Для этих целей используют дополнительные катоды с развитой поверхностью. Процессы проводят с использованием периодического тока с разделенным прохождением прямого и обратного импульсов.

Из отработанных растворов меднения целесообразно выделить металлическую медь с комбинированным использованием медных и углеволоконистых катодов.

Фирма Aero-DDL Corporation (США) использует очистную систему, в которой сочетаются методы электролиза (концентрированных растворов и элюатов), в результате чего (в качестве конечного продукта) получают листы восстановленных металлов и ионного обмена для очистки промывных вод. Производительность системы в день: при очистке сточных вод – 113 л/мин, при восстановлении чистой меди – 13 кг и меди из соединений – до 3 кг. Необходимое обеспечение технологических процессов деионизованной водой составляет 90 % [3].

Известны также способы извлечения меди из азотнокислых растворов методом электродиализа.

Очистку от органических примесей проводят фильтрованием через активный уголь.

1.4.6 Классификация методов обработки концентрированных растворов и методы извлечения металлов из них

В табл. 1.1 и 1.2 приводятся классификации методов обработки концентрированных растворов электролитов и основные методы извлечения металлов из них [2, 3].

1.5 Промывка изделий

1.5.1. Общие положения

После каждой из подготовительных и основных технологических операций изделие подвергают промывке в холодной или горячей воде. Промывка изделий после каждой электролитной ванны способствует сохранению химического состава и чистоты раствора, применяемого в последующих по ходу обработки ваннах. Обычно промывку ведут в проточных ваннах. При таком способе промывки расходуется большое количество воды (до 2 м³/м² покрытия) и в сточные воды попадает значительное количество электролита.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА 1. ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ И ВОДООТВЕДЕНИЕ В ГАЛЬВАНИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ	5
1.1. Подготовительные операции	5
1.1.1. Обезжиривание поверхности	5
1.1.2. Травление	5
1.2. Нанесение гальванических покрытий	6
1.3. Методы обработки отработанных технологических растворов гальванических производств	7
1.4. Развитие регенерационных процессов в технологии гальванопокрытий	9
1.4.1. Регенерация растворов химического и электрохимического обезжиривания	9
1.4.2. Регенерация электролитов хромирования	9
1.4.3. Регенерация никелевых электролитов	11
1.4.4. Регенерация электролитов цинкования	12
1.4.5. Регенерация электролитов меднения	12
1.4.6. Классификация методов обработки концентрированных растворов и методы извлечения металлов из них	13
1.5. Промывка изделий	13
1.5.1. Общие положения	13
1.5.2. Качество исходной воды для промывки изделий	17
1.5.3. Характеристика систем промывки	23
1.5.4. Интенсификация промывки	29
1.5.5. Расчет расхода воды на промывку	30
1.5.6. Мероприятия по сокращению расхода воды	30
1.6. Концентрация раствора в сточных водах и её влияние на эффективность очистки	42
1.7. Регенерация металлов из промывных вод	47
1.8. Автоматизация промывных операций	47
ГЛАВА 2. ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ И ВОДООТВЕДЕНИЕ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ	48
2.1. Подготовительные и технологические операции	48
2.2. Методы обработки отработанных технологических растворов (ОТР) производств печатных плат	50
2.2.1. Регенерация растворов хлорного железа	50
2.2.2. Регенерация травильных растворов на основе хлорной меди	51
2.2.3. Регенерация медно-аммиачных травильных растворов	51

2.2.4. Перспективные травильные растворы на основе перекиси водорода.....	55
2.2.5. Регенерация химикатов и меди из отработанных растворов химического меднения	55
2.2.6. Регенерация электролитов гальванохимических процессов при изготовлении печатных плат	56
2.2.7. Промывка печатных плат	56
2.2.8. Регенерация и утилизация жидких и твёрдых отходов, образующихся в производствах печатных плат, микроэлектроники и полупроводников	56

ГЛАВА 3. ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ И ВОДООТВЕДЕНИЕ В ОКРАСОЧНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

3.1. Общие сведения о лакокрасочных материалах	70
3.2. Подготовительные операции	72
3.3. Нанесение лакокрасочных материалов	72

ГЛАВА 4. ПРОИЗВОДСТВО ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ И ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

4.1. Общие положения	74
4.2. Системы канализования производств защитных покрытий и печатных плат.....	75
4.3. Очистка сточных вод. Подготовка воды.....	76
4.3.1. Реагентные методы очистки сточных вод	77
4.3.2. Электрохимические методы очистки сточных вод.....	93
4.3.3. Окисление цианидов озоном.....	118
4.3.4. Окисление цианидов на активном угле.....	119
4.3.5. Ультрафильтрационная очистка сточных вод на керамических мембранах	120
4.3.6. Ионообменный метод очистки сточных вод	122
4.3.7. Очистка сточных вод в аппаратах с вихревым слоем (АВС).....	130
4.3.8. Сорбционные методы очистки	134
4.3.9. Биохимическая очистка.....	140

ГЛАВА 5. МЕТОДЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПОКРАСОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА ОТ ОРГАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ

5.1. Деструктивные методы очистки	146
5.2. Регенерационные методы очистки	147
5.3. Выпаривание	148

ГЛАВА 6. ОЧИСТКА ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ И ЭМУЛЬСИЙ

6.1. Общая характеристика смазочно-охлаждающих технологических средств	149
6.2. Методы очистки маслоэмульсионных сточных вод	151

ГЛАВА 7. ДЕМИНЕРАЛИЗАЦИЯ ОСВЕТЛЁННЫХ СТОЧНЫХ ВОД	157
7.1. Обессоливание и опреснение воды дистилляцией.....	157
7.2. Метод электродиализа.....	159
7.3. Обратный осмос и ультрафильтрация.....	162
7.4. Метод выпаривания рассолов (концентратов сточных вод).....	167
7.5. Методы вымораживания и кристаллогидратный.....	172
ГЛАВА 8. ФИЗИКО-ХИМЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД	173
8.1. Аппараты с механическими перемешивающими устройствами.....	173
8.1.1. Структура потоков в аппарате с мешалкой.....	173
8.1.2. Использование статических смесителей.....	174
8.2. Процессы осветления обработанных сточных вод.....	175
8.2.1. Выбор схемы осветления.....	175
8.2.2. Контактное хлопьеобразование перед осветлением в тонкослойном модуле и на выходе.....	175
8.2.3. Тонкослойное осветление.....	176
8.3. Выбор схемы доочистки сточных вод.....	178
8.4. «Попутные» технологии очистки сточных вод ПЗП и ППП.....	183
8.4.1. Методы очистки сточных вод от меди производства печатных плат.....	183
8.4.2. Процессы извлечения и концентрирования комплексных соединений меди из промывных сточных вод ионообменными смолами.....	185
8.4.3. Способы извлечения меди из элюатов.....	186
8.4.4. «Попутная» технология обработки фторзагрязнённых сточных вод.....	190
8.4.5. Технологии обработки свинецсодержащих сточных вод.....	191
8.5. Обессоливание.....	194
8.5.1. Обоснование выбора метода обессоливания.....	194
8.5.2. Обессоливание на ионообменных установках.....	194
ГЛАВА 9. ОБРАБОТКА ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ	196
9.1. Методы и схемы обработки осадка.....	196
9.2. Свойства осадков ПЗП и ППП.....	198
9.3. Термическая обработка жидких отходов.....	202
9.4. Обезвреживание и утилизация гальваношламов.....	206
ГЛАВА 10. РАСЧЕТ АППАРАТОВ	208
10.1. Разработка методики расчёта и проектирования аппаратного оформления.....	208
10.2. Определение объёма реакторов.....	213

10.3. Определение времени перемешивания реагентов.....	214
10.4. Аппараты с отражательными перегородками и эмалированные аппараты с отражателями.....	216
10.5. Аппараты гладкостенные (без отражательных перегородок)	217
10.6. Определение времени пребывания сточных вод в автоматизированных реакторах	219
10.7. Расчёт статических смесителей	220
10.8. Расчёт аппаратов для проведения процессов хлопьеобразования.....	221
10.9. Расчёт аппаратов для приготовления растворов	224
10.10. Расчёт количества реагентов для проведения реакций обезвреживания.....	226
ГЛАВА 11. ПРЕДЛАГАЕМЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПЗП И ППП	228
ГЛАВА 12. ВОЗВРАТ ОЧИЩЕННОГО СТОКА НА ПОВТОРНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ	237
12.1. Общие положения.....	237
12.2. Технические возможности возврата сточных вод.....	237
12.3. Схемы с несколькими оборотными циклами	238
ГЛАВА 13. ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО ОБРАБОТКЕ СТОЧНЫХ ВОД ПЗП и ППП ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ПРИБОРО- И МАШИНОСТРОЕНИЯ	243
13.1. Технические решения Уральского политехнического института им. Б.Н. Ельцина	243
13.2. Технические решения, разработанные Московским государственным проектным институтом	246
13.3. Примеры совершенствования технологии очистки сточных вод гальванического производства.....	281
13.4. Технические решения Технопарка Российского химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева (РХТУ).....	284
13.5. Технологии очистки сточных вод гальванического производства Лидского железнодорожного депо	292
13.6. Обоснованность применения разных перечней ПДК для сточных вод гальванического производства.....	295
ЛИТЕРАТУРА.....	304

Справочное пособие

Елена Сергеевна **Гогина**
Анатолий Дмитриевич **Гуринович**
Евгений Аронович **Урецкий**

**РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ
ТЕХНОЛОГИИ
ПРОМЫШЛЕННОГО
ВОДОСНАБЖЕНИЯ
И ВОДООТВЕДЕНИЯ**

Компьютерная верстка: *Е.В. Орлов*
Редактор: *В.В. Космин*
Дизайн обложки: *Н.С. Романова*

Лицензия ЛР № 0716188 от 01.04.98.
Подписано к печати 20.04.12. Формат 70x100/16.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.

Усл. 19,5 п.л. Тираж 500 экз. Заказ №

Издательство Ассоциации строительных вузов (АСВ)
129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, отдел реализации – оф. 511
тел., факс: (499)183-56-83, e-mail: iasv@mgsu.ru, <http://www.iasv.ru/>