

УДК 621.793:669.058:661.847.9

ОБЗОР ПУТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

Асталоухина А.С., Пикалов Е.С.

*Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича
и Николая Григорьевича Столетовых, Владимир, e-mail: evgeniy-pikalov@mail.ru*

В данной работе приводится обзор различных источников, рассматривающих мероприятия по повышению производительности и качества продукции современных гальванических производств. Рассмотрены новые многокомпонентные добавки и составы моющих средств, позволяющие хорошо подготовить поверхность для нанесения защитных цинковых покрытий. Также рассматривается усовершенствованная технология травления без сброса и нейтрализации отработанных кислотных растворов, позволяющая снизить расходы, а самое главное – повысить качество покрытий. Рассмотрены вопросы целесообразности применения щелочных электролитов цинкования для гальванического производства и энергоэффективное оборудование: вихревые индукционные нагреватели, позволяющие оптимизировать процесс нагрева и перераспределить тепловые нагрузки, а также импульсные выпрямители тока, позволяющие эффективно стабилизировать напряжение, подаваемое от источников тока на электроды гальванических ванн. Применение рассмотренных мероприятий как совместно, так и по отдельности не только повышает качество наносимых покрытий, но и способствует экономии сырьевых и энергетических ресурсов предприятия, а также малоотходности гальванического производства.

Ключевые слова: гальваническое производство, цинковое покрытие, индукционный нагреватель, импульсный выпрямитель

SUMMARY OF WAYS TO ENHANCE THE EFFECTIVENESS OF MODERN GALVANIC PRODUCTION

Astalyukhina A.S., Pikalov E.S.

*Vladimir State University of a name of Alexander Grigorevich and Nikolay Grigorevich Stoletovs,
Vladimir, e-mail: evgeniy-pikalov@mail.ru*

In this paper, an overview of different sources, are considering measures to improve productivity and product quality of modern electroplating. We consider the new multicomponent additives and detergents that enable you to prepare the surface for the application of protective zinc coatings. We also consider an improved etching technology without clearing and neutralization of spent acidic solutions that reduce costs, and most importantly, improve the quality of coatings. The questions the appropriateness of alkaline electrolyte zinc plating for electroplating and energy-efficient equipment: eddy induction heaters to optimize the process of heating and redistribute heat loads, as well as pulse rectifiers to effectively stabilize the voltage supplied from the power sources to the electrodes of galvanic baths. The application of measures considered as a shared or individually not only improves the quality of the coating, but also helps to save raw materials and energy resources of the enterprise, as well as low-waste galvanic production.

Keywords: galvanic production, the zinc coating, induction heater, pulse rectifier

Гальваническое производство реализует процесс электролитического осаждения тонкого слоя металла на поверхности какого-либо металлического предмета для защиты его от коррозии, повышения износоустойчивости, предохранения от цементации, в декоративных целях и т.д.

Гальваническое покрытие – это металлическая пленка толщиной от долей микрона до десятых долей миллиметра, наносимая на поверхность неметаллических и металлических изделий методом гальваники для придания им твердости, износоустойчивости, антикоррозийных, антифрикционных, декоративных свойств.

Изменение характеристик поверхностных слоев металлических изделий приобретает все большую актуальность. Современные требования к надежности

оборудования при увеличении нагрузок на него, необходимость в защите металлических деталей от агрессивных сред и очень высоких или, наоборот, низких температур приводят к возрастающему интересу всех областей промышленности к применению гальванических покрытий.

Нанесение цинковых покрытий успешно зарекомендовало себя во всех областях промышленности. С его помощью необходимый слой защиты получают болты, шайбы, гайки, крепежные элементы, комплектующие для автомобилей и компьютерной техники и даже мелкие канцелярские принадлежности. Радиодетали и отдельные элементы сантехники также поддаются этому способу обработки. Применение цинкования более чем актуально в современных условиях.

Основная часть

В последнее время резко возросли требования, предъявляемые к качеству цинковых покрытий. Особенно это относится к производствам, ориентированным на выпуск товаров народного потребления.

От качества очистки поверхности в значительной мере зависит и качество покрытий. В этом легко убедиться, взглянув на перечень неполадок любого гальванического процесса – следствием неадекватной подготовки являются: неудовлетворительная адгезия, небольшие углубления в покрытии (питтинг), образование пузырей, отсутствие осаждения, уменьшение коррозионной стойкости покрытия и др.

При гальваническом производстве важно соблюдать все параметры технологических операций, от соблюдения которых зависят качество и прочность покрытия. При обработке поверхности перед нанесением цинкового покрытия изделие подвергают химическому обезжириванию. Этот процесс заключается в том, что под воздействием моющего препарата жиры омыляются и переходят в раствор. На данный момент разрабатываются новые составы моющих средств с использованием современных научных представлений о роли каждого из компонентов смеси. Например, для щелочных растворов химического и электрохимического обезжиривания это:

NaOH или KOH – обеспечивают щелочность раствора, его электропроводность и превращение растительных и животных жиров в водорастворимые продукты за счет реакции омыления;

силикаты – обеспечивают щелочность раствора, ингибирование коррозии алюминия, цинка и латуни, диспергирование загрязнений, придают раствору буферные свойства при pH 10–11,5 и препятствуют повторному осаждению загрязнений на поверхность деталей [2];

фосфаты – улучшают моющую способность растворов, умягчают воду, способствуют диспергированию образующихся солей кальция и магния. Способны образовывать комплексные соединения с ионами щелочных и тяжелых металлов. Благодаря суспензирующему и пептизирующему действию загрязнения в растворе удерживаются в мелкодисперсной фазе, что также предотвращает их повторное осаждение на поверхность деталей.

мицеллообразующие анионактивные и неионогенные поверхностно-активные вещества обладают моющим и избиратель-

ным смачивающим действием, обеспечивают условия оттеснения пленки загрязнения от очищаемой поверхности, пептизацию частиц пыли, сажи и т.п. и диспергирование масляных пленок (эмульгирование).

Еще одной важной операцией в технологии нанесения гальванических покрытий является травление, производимое для удаления с поверхности деталей продуктов коррозии и окисных пленок, путем растворения их в кислотах или растворах щелочей. Обычно пленка оксидных соединений или других продуктов коррозии образуется на поверхности металла под действием окружающей среды [3].

При химическом травлении применяют, главным образом, соляную кислоту. Удаление оксидов с поверхности детали происходит за счет их растворения. В растворы для травления добавляют присадки (называемые регуляторами травления, или ингибиторами). Например, высокоэффективный ингибитор с обезжиривающим компонентом. Его преимущества: коэффициент ингибирования $\geq 95\%$; существенно уменьшается количество шлама, образующегося при травлении на поверхности высокоуглеродистых сталей; повышается эффективность снятия окалины; исключается образование пузырей в покрытиях на термообработанных сталях за счет улучшения при травлении свойств поверхности; снижается вероятность возникновения водородной хрупкости, обусловленной травлением; обеспечивается перевод в состояние эмульсии занесенных в травильный раствор жировых загрязнений; удаляются также жировые пленки, остающиеся на деталях после стадии обезжиривания; дополнительное обезжиривание делает детали более светлыми и чистыми, они значительно лучше поддаются цинкованию; уменьшается испарение и разбрызгивание травильного раствора за счет формирования на его поверхности слоя пены; существенно снижается накопление ионов железа в травильном растворе, тем самым увеличивается срок службы раствора и минимизируется загрязнение железом гальванических ванн; вредные для здоровья вещества не выделяются [6].

Добавка совместима с гальваническими процессами и процессами обезвреживания сточных вод, сильных комплексообразователей и биологически жестких компонентов не содержит.

Существующая технология кислотного травления, которая в огромных масштабах применяется в промышленности для

травления и активации металлических поверхностей, имеет один существенный недостаток – ограниченный срок службы ванн травления.

Для решения этой проблемы можно использовать новейшую технологию травления без сброса и нейтрализации отработанных кислотных растворов.

Композиция представляет собой слабый водный раствор ($H_2O > 95$ масс.%) смеси малоопасных неорганических веществ на основе жидкого натриевого стекла (главный компонент смеси – 3,1 масс.%), приводит к деполимеризации $Na_2O \cdot mSiO_2$. При этом отдельные атомы кислорода приобретают отрицательный заряд, что позволяет им присоединять положительно заряженные ионы металлов, а также активно разрушать органические соединения; в результате каталитических реакций металлические и органические примеси включаются в состав нерастворимых в широком диапазоне pH соединений, которые затем удаляются из раствора фильтрованием.

Композиция продлевает рабочий ресурс растворов практически любых кислот и их смесей: соляной, серной, азотной, лимонной, муравьиной, плавиковой, фосфорной (а также растворов кислых солей) на неограниченно долгий срок; дает значительную экономию средств, делая ненужным выполнение большого комплекса работ по нейтрализации отработанных кислотных растворов и приготовлению свежих растворов; приводит к значительному уменьшению объемов образующихся шламов и, соответственно, расходов на их захоронение.

Применение данной технологии дает многочисленные выгоды: отпадает необходимость частично или полностью заменять раствор травления, рабочий ресурс которого становится неограниченным; отпадает необходимость в проведении дорогостоящей нейтрализации отработанных кислотных растворов; средства, ранее расходовавшиеся на приобретение каустика или извести для нейтрализации отработанных кислот, экономятся; годовой расход кислоты на травление уменьшается на 30–90%; общая масса подвергаемого утилизации шлама уменьшается на 30–95%; соответственно снижаются и расходы на последующее захоронение шламов; исключается необходимость в остановке производства для проведения работ по замене раствора; улучшается и стабилизируется качество травления и последующих операций в линиях нанесения различных покры-

тий; уменьшается концентрация металлов в промывных водах [7].

Основной и самой важной операцией в гальванических покрытиях является цинкование.

Цинкование – нанесение слоя цинка или его сплава на поверхность металлических изделий или насыщение цинком поверхностных слоев для защиты от коррозии.

Метод защиты основан на том, что цинк в составе покрытия вступает в реакции коррозии первым, не подвергая воздействию сам металл.

Качество покрытия и его структура зависят от многих факторов. Одним из основных факторов, влияющих на структуру металлического покрытия, является состав электролита

Зачастую технические специалисты таких производств отдают предпочтение слабокислым электролитам цинкования, т.к. считается, что такие электролиты обеспечивают более высокий уровень блеска по сравнению с щелочными. Однако в последнее время на российском рынке появились блескообразующие добавки для щелочных электролитов, позволяющие получать покрытия, близкие по степени блеска к покрытиям из слабокислых электролитов [2].

Одним из немаловажных преимуществ щелочных электролитов цинкования является высокая рассеивающая способность и возможность получать более равномерные по толщине покрытия на сложнопрофильных деталях. При достижении одной и той же минимальной толщины покрытия расход металлического цинка в слабокислом электролите в 2,35 раза выше, чем в щелочном. Таким образом, можно признать, что щелочные электролиты цинкования являются более эффективными, особенно в условиях роста цен на металлический цинк [4].

Кроме того, известно, что щелочные электролиты цинкования обладают рядом преимуществ перед слабокислыми – они менее агрессивны по отношению к основному и вспомогательному оборудованию, покрытия, полученные из щелочных электролитов, легче хроматируются, щелочной электролит сложнее загрязнить ионами посторонних металлов.

Чтобы добиться отличного качества покрытия, необходимо применять максимально подходящие выпрямители большого тока. Выпрямитель – это агрегат, преобразующий переменный электрический ток в постоянный [5]. Служат для питания однонаправленным или реверсивным током

гальванических ванн, электролизных установок, установок для очистки сточных вод и другого оборудования. Выпрямители для гальваники – это необходимая часть любого гальванического производства. Технические показатели и качество данного оборудования напрямую влияют на качество покрытия.

Сегодня во многих гальванических цехах и фабриках используют старые тиристорные выпрямители. Они отличаются большими размерами и занимаемой площадью, огромной энергоемкостью, сложными условиями ремонта и плохим качеством выдаваемого тока. Это не позволяет достигать должного экономического эффекта для предприятия. Но есть технологии, позволяющие всего этого избежать.

Использование современных импульсных стабилизированных выпрямителей позволяет выдавать ровную без импульсов стабилизированную форму напряжения с уровнем пульсации до 2,5 % [5]. Стандартные, тиристорные, выпрямители имеют уровень пульсации до 30 %.

Импульсные выпрямители (источники питания) для гальванических процессов с широким диапазоном выходного тока: 10; 30; 60; 100 А. Минимальные весогабаритные характеристики, ровная без импульсов форма напряжения, а также дополнительный набор различных функций позволяет упростить проведение гальванического процесса и корректировки ванн.

Выбор мощности выпрямителя постоянного тока зависит от объема ванны и, как следствие, от площади загрузки, применяемого электролита и интенсивности проведения электролиза.

Диапазон мощности: от 120 до 1500 Вт. Можно модульно компоновать в блоки, от 2-х до 6 шт, получая выходную мощность от 3 до 9 кВт (мах. 15 В и 600 А). При подготовке и осаждении металлов напряжение на ваннах не превышает 10–15 В. Выпрямители имеют диапазон регулировки выходного напряжения от 1 до 24 В и выходного тока от 0,005 до 100 А. КПД импульсных стабилизированных выпрямителей составляет более 90 % [5].

У таких современных импульсных выпрямителей есть ряд дополнительно встроенных функций: цифровые вольтметры и амперметры; счетчик ампер-часов (накопительный и счетчик-дозатор), т.к. корректировка блескообразующих добавок, как правило, производится по количеству прошедших через электролит ампер-часов;

функция «таймер» также создает удобства при работе с ванной. Данные функции позволяют после времени работы таймера или счетчика ампер-часов подать звуковой сигнал:

1) отключить ток нагрузки;

2) снизить ток нагрузки до 10% от установленного значения тока;

3) продолжить протекание выходного тока.

Такие функции очень удобны и облегчают работу на гальванической ванне; есть система охлаждения – вентиляторы, скорость работы которых зависит от температуры внутри прибора; компьютерное управление выпрямителей.

Самым главным достоинством таких выпрямителей считается система защиты от:

– перепадов входного питающего напряжения. Если питающее напряжение выходит за пределы 120–280 В, источники питания автоматически выключаются. Могут выдержать броски входного напряжения до 380 В;

– перегрева источника. В случае перегрева источника происходит его аварийное отключение, что будет отображаться поочередно мигающими светодиодами, расположенными на передней панели источника;

– короткого замыкания. Защита от короткого замыкания предусматривает переход от режима стабилизации напряжения в режим стабилизации тока, что защищает источник от выхода из строя;

– перегрузки. Защита от перегрузки предусматривает переход от режима стабилизации напряжения в режим стабилизации тока, и наоборот;

– агрессивной окружающей среды. Все элементы на платах блоков покрыты специальным защитным лаком. Мощные модульные выпрямители могут дополнительно оборудоваться специальными коробами для вентиляции. Выпрямители можно устанавливать непосредственно возле гальванических ванн.

Внедрение в гальваническое производство вихревого индукционного нагревателя (ВИНа) является оптимальным вариантом для нагрева жидкостей в технологическом процессе. Отсутствие прямого нагрева в отличие от ТЭНовых и газовых нагревателей позволяет ВИН работать намного дольше (свыше 30 лет), не утрачивая своих энергосберегающих характеристик. ВИН позволяет оптимизировать и быстро перераспределять тепловые нагрузки на оптимальным вариантом и в качестве основного источника тепла.

ВИН – это электромагнитное устройство для нагрева теплообменного устройства в виде трубы. Конструктивно нагреватель состоит из магнитопровода, первичных катушек и теплообменного устройства в виде цилиндрической трубы. Параметры катушки, сердечника и теплообменного устройства рассчитаны таким образом, что обеспечивают работу аппарата в длительном режиме без перегрева. Срок службы нагревателя определяется сроком службы изоляции обмоточного провода катушки и качеством сварных швов теплообменного устройства [1].

Основные преимущества индукционного нагревателя ВИН:

- долговечность (срок службы свыше 30 лет);
- простота монтажа и эксплуатации;
- электробезопасность (2-й класс электробезопасности);
- пожаробезопасность (отсутствие высокотемпературных соединений и уплотнений);
- КПД – 99%;
- коэффициент мощности $\cos \varphi$ – 99%;
- частота тока 50 Гц;
- установки не образуют отложений и накипи;

– возможность использования любых жидких теплоносителей (вода, антифриз, масло и т.д.);

– экологически безопасен.

Заключение

Применение выше рассмотренных мероприятий повышает качество наносимых гальванических покрытий и способствует экономии сырьевых и энергетических ресурсов предприятия, а также малоотходности гальванических производств.

Список литературы

1. Вихревой индукционный нагреватель «ВИН» [Электронный ресурс] // ООО «Альтернативная энергия» сайт. – URL: <http://vinteplo.ru/node/725> (дата обращения: 27.12.2015).
2. Кудрявцев В.Н. Покрытия и обработка поверхности. 7-я международная выставка и конференция: тезисы докл. (Москва, 17–19 март. 2010 г.). – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2010. – С. 108.
3. Лобанов С.А. Практические советы гальванику. – СПб.: Питер, Машиностроение, 2001. – 257 с.
4. Окулов В.В. Цинкование. Техника и технология / под ред. проф. В.Н. Кудрявцева. – М.: Глобус, 2008. – 252 с.
5. ООО «Галерея Штейнберг» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gallery-st.com/covremennye-impulsnye-vyprjamateli-dlja-galvanicheskikh-processov.html> (дата обращения: 27.12.2015).
6. ООО «СОНИС» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sonis-co.ru/> (дата обращения: 27.12.2015).
7. Современные гальванические производства // Научно-практический семинар: сборник тезисов докладов (Санкт-Петербург, 6–8 июля 2007 г.). – СПб., 2007. – 20 с.