

*В. В. Храмцов**

ВЫБОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОЦЕССА НИКЕЛИРОВАНИЯ

Коррозия металлов, т.е. разрушение вследствие электрохимического или химического воздействия среды, причиняет народному хозяйству огромный вред. Ежегодно из-за коррозии выбывает из строя свыше 35% всего вырабатываемого металла и сплавов [1]. Кроме того, преждевременно выходят из строя пораженные коррозией инженерные сооружения, суда, машины и аппараты, приборы, а также происходят вызываемые коррозией несчастные случаи. Таким образом, задача защиты изделий из металлов и сплавов от коррозии является актуальной.

Существует несколько способов защиты металлов и сплавов от коррозии, в том числе легирование хромом и никелем, пропитка в маслах и гидрофобизирующих жидкостях, нанесение металлических и неметаллических защитных покрытий. Кроме снижения потерь металла и предохранения изделий от коррозии, твердые износостойкие покрытия повышают сопротивления трущихся поверхностей механическому износу, что позволяет повысить срок службы трущихся поверхностей, например, цилиндров двигателей внутреннего сгорания автомобилей и пр. Одним из наиболее твердых является хромовое по-

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доц. ФГБОУ ВО «ТГТУ» А. Б. Борисенко.

крытие. Однако вследствие его высокой цены, вместо хромового покрытия часто используют близкое по значениям твердости никелевое покрытие, которое также лучше ложится на детали со сложным профилем.

Твердость никелевых покрытий достигает 4 МПа, что выше, чем у кадмиевых, цинковых и оловянных покрытий. Следует отметить, никель является довольно сильным аллергеном и не рекомендуется наносить никелевые покрытия на изделия, которые могут соприкасаться с кожей человека.

Возможно два способа нанесения никелевых покрытий: электролитический и химический.

Электролитический способ – нанесение никелевых покрытий на поверхность изделия из электролита под действием электрического тока. Преимущество способа – четко контролируется толщина покрытия, минимальный расход покрываемого металла. Кроме того, подбирая вид электролита и режим осаждения, можно получать осадки нужной структуры, внешнего вида и с различными механическими свойствами. Недостатком электролитического никелирования является неравномерность осаждения никеля при нанесении на рельефную поверхность, а также невозможность покрытия узких и глубоких отверстий и полостей.

При химическом способе покрываемое изделие помещают в водный раствор, содержащий растворенную соль металла и восстановитель [2]. Осаждаемое в процессе химического никелирования покрытие не является чистым никелевым, как при гальваническом никелировании, а состоит из сплава никеля с фосфором. Покрытие этим сплавом не имеет ничего общего с покрытием чистым никелем как по физико-механическим, так и по химико-коррозионным свойствам. Покрытие может быть нанесено на изделия сложной конфигурации с высокой степенью равномерности. Его можно нанести на внутренние полости и каналы изделия, что практически невозможно реализовать при гальваническом нанесении.

Рассмотрим требования к оборудованию, предъявляемые для проведения процесса химического никелирования.

При подборе материала для ванны учитывают следующие обстоятельства: во время процесса не должно происходить отложения никеля на стенках ванны; материал ванны не должен загрязнять раствор. Наиболее подходящими материалами являются стекло, фарфор, керамика, эмаль и др. Эмалированные сосуды могут служить только при отсутствии повреждения эмали. В противном случае, в местах дефек-

тов эмали, на железе, происходит отложение никеля, которое вызывает непроизводительный расход реагентов. Применение металлов типа нержавеющей стали для данного процесса совершенно исключается ввиду того, что на стенках ванны в этих случаях может начаться процесс восстановления никеля. При выборе материала для обкладки необходимо также учитывать и то, что ванну приходится периодически очищать от осадка порошкообразного никеля, возникающего в некоторых условиях на стенках ванны. Удаление этих осадков возможно проводить или механическим способом, или же растворением в азотной кислоте.

Необходимая температура раствора может быть достигнута при использовании любого источника тепла: пара, электричества или газа, как путем внешнего, так и внутреннего обогрева. Внешний обогрев может проводиться или при помощи водяной (или паровой) рубашки, или путем погружения всего резервуара ванны в термостат, обогреваемый любым способом. Для достижения эффективного обогрева стенки ванны должны быть достаточно тонкими. При конструировании обогревательных устройств следует предусматривать необходимость освобождения ванны от раствора и ее очистку. Внутренний обогрев осуществляется прямым введением пара. Для предотвращения снижения концентрации компонентов за счет конденсации пара, в технологическую схему водят дополнительную операцию – испарение раствора в вакууме, при которой раствор несколько концентрируется. Так же обогрев осуществляется при помощи электрических нагревателей (спиралей) или паровых змеевиков, непосредственно погружаемых в раствор. Недостатком такого вида обогрева является опасность осаждения никеля на спирали и на стенки змеевика, что в дальнейшем является причиной непроизвольного расходования реагентов.

В процессе разработки линии химического никелирования важным этапом является выбор технологического оборудования, обладающего перечисленными выше требованиями [3, 4]. В качестве базовой установки была выбрана установка серии УХН (Установка химического никелирования) УХН-905М производства ОАО «НИТИ-Тесар», г. Саратов. Данные установки используются для химического никелирования деталей сложной конфигурации из углеродистых и коррозионно-стойких сталей, алюминия, титана, меди и сплавов на их основе. Особенностью конструкции данных установок является то, что технологические операции (нагрев раствора, нанесение покрытия, корректировка раствора, удаление механического загрязнения) осуществляются в одном объеме. Это позволяет сократить на 25% энергозатраты и про-

изводственную площадь в сравнении с другими установками. Корректировка рабочего раствора (поддержание концентрации никеля серно-кислого, гипофосфита натрия и pH) осуществляется в процессе никелирования добавлением концентрата по заданной программе.

Для разрабатываемой гальванической линии требуется три таких установки. В процессе проектирования были выявлены ряд недостатков стандартной установки химического никелирования. Конфигурация и расположение ключевых элементов установки (штуцеры трубопроводов, элементы управления и др.) плохо вписываются в конкретную проектируемую гальваническую линию. Для предотвращения протекания процесса химического никелирования на твердых частицах загрязнений, осевших на дно, в исходной установке предусмотрено охлаждение дна установки проточной водой (рабочая температура находится в узком диапазоне 90...92 °С, и при понижении температуры реакция не протекает). Однако заказчику дополнительно потребовалось наличие фильтра раствора. Таким образом, конструкция установки была модернизирована путем добавления системы фильтрации раствора с его последующим возвратом в ванну-реактор через форсунки. Рабочая температура находится в узком диапазоне 90...92 °С. В процессе дальнейшей эксплуатации заказчик может использовать либо фильтрацию раствора, либо охлаждение дна ванны-реактора уже на свое усмотрение.

В итоге спроектирована модернизированная установка химического никелирования без какого-либо дополнительного оборудования, сокращающего производственную площадь, что особенно ценно при работе установки в составе гальванической линии. Система встряхивания подвески выполнена с использованием двух пневмоцилиндров, а не на четырех. Все пневматические магистрали разведены внутри установки, и для подключения пневмошкафа установки к цеховой воздушной магистрали нужно подключить единственную пневмотрубку. Из оригинальной конструкции исключен один дозирующий насос и емкость под корректирующий раствор, так как есть внешние передвижные емкости в составе гальванической линии. Другой дозирующий насос и емкость для корректировки (раствор аммиачной воды) были интегрированы непосредственно в установку, при этом внешне их не видно, все находится внутри. Предусмотрено две системы очистки раствора: либо путем фильтрации раствора, либо охлаждением дна ванны. В результате была получена более эргономичная установка, предназначенная для работы в составе гальванической линии.

Список литературы

1. Бердникова, Г. Г. Получение цинковых покрытий на стали Ст3 на ФГПУ «Опытный завод «Тамбоваппарат» / Г. Г. Бердникова, А. В. Малин, Ю. И. Ладыженская // Вестник ТГУ. – 2012. – № 1(17). – С. 360 – 369.
2. Химическое осаждение никелевых покрытий и их коррозионная устойчивость / О. В. Слепцова и др. // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. – 2008. – № 1. – С. 47 – 51.
3. Borisenko, A. B. Parallel Hybrid Metaheuristics Approach for Optimal Selection of Production Equipment / A. B. Borisenko, S. Gorlatch // Transactions of the TSTU. – 2018. – № 2(24). – С. 228 – 235.
4. Borisenko, A. B. Parallel MPI-implementation of the branch-and-bound algorithm for optimal selection of production equipment / A. B. Borisenko, S. Gorlatch // Vestnik Tambovskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. – 2016. – № 3(22). – С. 350 – 357.

*Кафедра «Компьютерно-интегрированные системы
в машиностроении» ФГБОУ ВО «ТГТУ»*