

Создание высокоэффективных систем промывки деталей на подвесках, в перфорированных барабанах и построенных на их основе автоматизированных (механизированных) и ручных линий гальванохимической обработки с нулевой эмиссией сточных вод и токсичных испарений

В настоящее время, в связи с резко возросшими эколого-экономическими требованиями, обусловленными причинами различного свойства, в том числе и ожидающимся вступлением России в ВТО, соответствующим образом должен измениться и сложившийся на практике подход к реализации технологий и оборудования гальванохимической обработки (ГХО) на предприятиях РФ.

Очевидно, что в этих условиях, уже недостаточно только простого обновления оборудования, без учета особенностей конкретного производства, экологических требований соответствующего региона, стоимости производственных площадей, используемых энергоресурсов, химикатов, материалов и др.

При этом, на наш взгляд, необходимо исходить не столько из затрат на приобретение непосредственно оборудования, но в первую очередь из затрат, связанных с эксплуатацией последнего (включающих и затраты на химикаты, локальную регенерацию электролитов, растворов и очистку сточных вод), а также затрат, связанных с эксплуатацией очистных сооружений, необходимостью захоронения гальваношламов, выплаты штрафов и т.п.

В противном случае, любые технологии и оборудование ГХО неконкурентоспособными как с технологической, так и с эколого-экономической точек зрения.

Учитывая выше изложенное, концепция построения процессов и оборудования ГХО в современных условиях, на наш взгляд, связана с разработкой максимально замкнутого по объему сточных вод, направляемому на централизованные очистные сооружения (ЦОС), взаимосогласованного комплекса операционных модулей (ОМ) и систем межоперационной очистки соответствующих линий, обеспечивающего наиболее полное использование задействованных в процессе гальванохимической обработки и/или очистки энергоресурсов, химикатов и материалов, их минимальный расход, требуемое качество очистки деталей различной группы сложности, минимальные затраты производственных площадей, и максимально достижимые, при этом, производительность, стабильность и надежность реализуемых технологических процессов.

А в качестве критерия оптимальности разрабатываемых технико-технологических решений может выступать функция затрат времени, энергоресурсов, химикатов и материалов, используемых при реализации операций очистки поверхностей деталей и обработки сточных вод в процессах гальванохимической обработки и обеспечивающих заданное по технологии качество очистки поверхностей деталей различной группы сложности, при минимальных затратах времени и производственных площадей, объеме сточных вод, в условиях ограничений: на количество токсичных испарений, поступающих в атмосферу цеха, концентрацию основного компонента в процессных ваннах и ваннах конечного цикла промывки на технологически заданном уровне, а также на длительность процесса ГХО.

При этом, учитывая то, что основным источником образования сточных вод (СВ) и соответствующей потери химикатов в гальваническом производстве (ГП) являются промывные операции, кардинальным направлением в решении поставленных задач становится совершенствование процессов и оборудования межоперационной очистки.

До настоящего времени основным способом сокращения удельного расхода промывной воды и объема сточных вод в ГП является использование многокаскадных противоточных и прямоточных схем промывок погружным способом, позволяющих сократить удельный расход промывной воды до 40-50 л/м² (при двухступенчатой промывке) и до 8-10 л/м² (при трёхступенчатой промывке) / 1 /.

Однако, несмотря на распространённость, экологические достоинства и простоту реализации, погружной метод и многокаскадные схемы промывки имеют ряд существенных недостатков, к основным из которых следует отнести:

- отсутствие возможности качественной промывки деталей III –ей группы сложности, в частности, корпусных, содержащих глухие (в том числе и резьбовые) отверстия малого диаметра, узкие пазы и углубления;
- значительное (до 30-60 %) увеличение длины гальванических линий (установок) при реализации двух- или трёхступенчатой прямоточной (противоточной) промывки с одной или двумя (при покрытиях драгоценными металлами) ваннами улавливания (ВУ), либо трёх-, четырёх- или пятиступенчатой бессточной промывки без использования ВУ, по сравнению с одно- или двухступенчатой промывкой;
- относительно большая величина времени (не менее 20 сек) для проведения операции промывки в каждой из ступеней каскада промывки;
- относительно большая вероятность непроизводительного расхода промывной воды или получения некачественной промывки при значительных колебаниях параметров обрабатываемых деталей, частоты их поступления на обработку;
- недостаточная эффективность работы ванны "мокрого" улавливания на начальном этапе (несколько смен) работы гальванической линии, учитывая сравнительное количество выносимого деталями электролита в единицу времени и объём ВУ (как правило, от 300÷500 дм³ и более) и т.п.

Эти обстоятельства послужили основой для разработки универсальных методов межоперационной очистки поверхностей деталей в процессах гальванохимической обработки (ГХО), использующих пространственно-функциональную рекомбинацию основных операций классического - комбинированного метода промывки /2, 3/.

Они предусматривают использование:

- на первом этапе очистки - распределенной по виду, интенсивности и ваннам обработки системы струйно - динамической промывки деталей, реализуемой, в процессе выгрузки последних из соответствующих ванн, в противоточном режиме (бессточная промывка) или прямоточном режиме (малосточная промывка);
- на втором этапе очистки – объемной промывки, реализуемой в ванне (ах) конечного цикла очистки поверхностей деталей погружным способом и осуществляемой в непроточном режиме (бессточная промывка) или в проточном режиме (малосточная промывка).

С целью повышения качества очистки и технологической адаптации к типу используемых приспособлений (подвеска, барабан, корзина), виду применяемых электролитов и растворов, группе сложности обрабатываемых деталей и конструктивным особенностям гальванического оборудования, струйные потоки промывной воды формируются в виде разнорядных (1, 2, 4) «пакетов» струй малого ($\approx 0,7$ мм) диаметра требуемой интенсивности, формируемых сопловыми насадками, выполненными в виде модульных наборных панелей (МНП), с длиной зоны струйной обработки равной 200 мм и высотой модульной наборной панели $H_{мп} = 0,03$ м (см. Рис. 1), соединенными с распределительными коллекторами, установленными в верхней части ванны соответствующей обработки и оснащенными механизмами изменения угла наклона струйных потоков, выполненными в виде разъемных муфт (см. Рис. 2) /4/.

В процессе выполнения исследований была отработана и освоена технология литья под давлением модульных панелей, корпусов элементов формирования струй и необходимых крепежных и соединительных элементов из термопластичных материалов (полипропилен, АВС – пластик, арамид и др.).

Рис. 1. Элементы формирования струй (ЭФС) моющей жидкости с модульными наборными панелями (МНП) из полипропилена

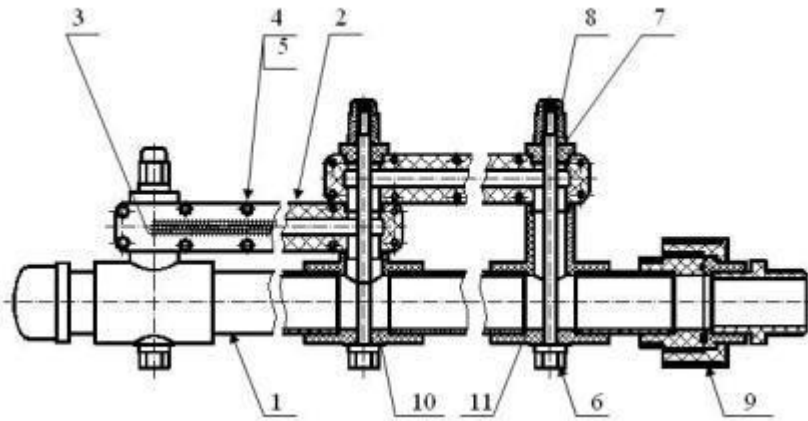


Рис. 2. Распределительный коллектор с элементами формирования струй 1 – распределительный коллектор, 2 – корпус, 3 – модульная наборная панель, 4 – винт, 5 – гайка, 6 – болт, 7 – втулка, 8 – гайка колпачковая, 9 – муфта резьбовая, 10, 11 – тройник переходной.

По сравнению с насадками, в частности фирм "Атотесн" (Германия) и "Resco" (Италия), обеспечиваются: максимальная кинетическая энергия (коэффициент удельной кинетической энергии струи составляет 0,97-0,99), одинаковое гидродинамическое давление и малая величина аэрации струй, отсутствие образования "мертвых" зон и взаимогашения струй, что улучшает качество и сокращает время обработки.

При этом, в качестве напорных систем используются малонапорные источники создания давления моющей жидкости ($P = 0,1 - 0,3$ МПа), что расширяет функциональные возможности предлагаемых технологий и оборудования .

Изготовление элементов формирования струй (ЭФС) и распределительных коллекторов (РК) из полипропилена обеспечивает необходимую надежность устройств струйной промывки (УСП) в условиях ГП, что подтверждается более чем 7-ти летней успешной эксплуатацией системы распределенной трехступенчатой струйно-динамической промывки (см. Рис. 3) на гальваническом участке ЗАО «ЭСМА» (Россия, г. Троицк, Московская обл.).



Рис. 3. Система распределенной трехступенчатой струйно-динамической промывки деталей на подвесках на гальваническом участке ЗАО «ЭСМА».

Использование данных методов и оборудования позволяет осуществлять промывку деталей с минимальными и относительно постоянными затратами времени и промывной воды для деталей данной группы сложности, а сами методы являются инвариантными по отношению к виду технологических приспособлений, моментам поступления деталей на обработку, количеству операций промывки в одной ванне струйной промывки (≥ 1), стадиям работы гальванического оборудования в целом и температурным параметрам используемой для промывки воды.

Это позволяет реализовывать, в частности для деталей на подвеске, до 5 процессов промывки, имея всего 2 промывные ванны, при сокращении времени и повышении качества очистки поверхностей деталей.

Разработанные методы и оборудование межоперационной очистки служат основой для создания операционных модулей (ОМ) и линий ГХО с замкнутым циклом движения моющей жидкости и делают экономически оправданным, учитывая сравнительно малый расход моющей жидкости (соответственно 0,05; 0,1 и 0,2 л/с на одну МНП, при P=0,2 МПа, в зависимости от количества рядов сопловых отверстий в последней), использование в качестве последней дистиллированной (обессоленной) воды или конденсата, обеспечивающих повышенное качество очистки поверхностей деталей и обработки СВ.

При этом, каждый из операционных модулей (ОМ) конкретной гальванической линии выполняется в двухуровневой компоновке (см. Рис.4) и оснащается соответствующим вариантом системы распределенной многоступенчатой струйной противоточной промывки (СРМСПП) /2, 3/.

Причем, расход моющей жидкости через распределительные коллекторы с элементами формирования струй (суть, разбавленного водой электролита или раствора процессной ванны, образовавшегося в первом сборнике-дозаторе загрязненной промывной воды, после реализации второй ступени струйной промывки в первой ванне соответствующего назначения) согласован (в частности, для процессных ванн с нагревом их обрабатываемой среды) в технологически заданном диапазоне (в т. ч. и с помощью модульных наборных панелей с различным количеством сопловых отверстий) с потерями объема электролита (раствора) в процессной ванне ОМ, обусловленными его испарением, уносом деталями и/или работой вытяжной вентиляции.

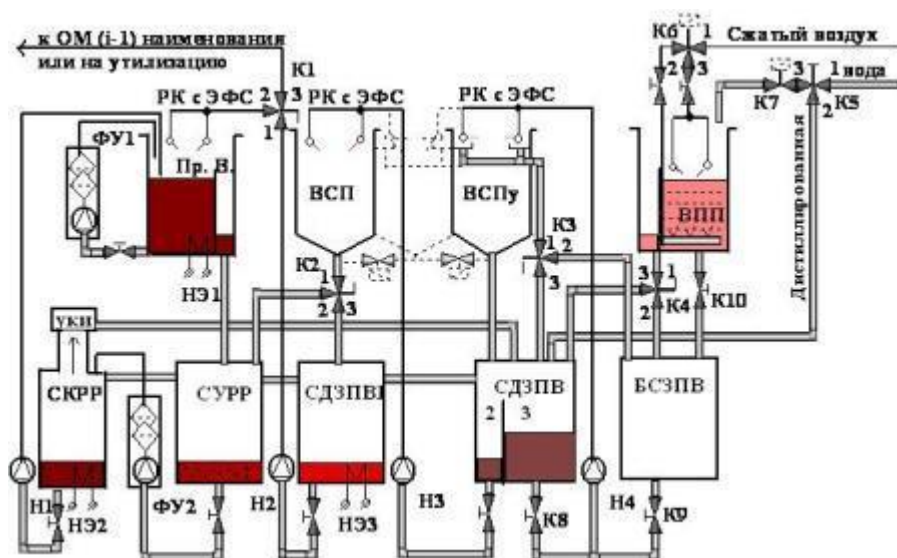


Рис. 4. Базовая технологическая схема (2-я версия) операционного модуля бессточной гальванохимической обработки деталей на подвесках, с СРМСПП настроенной на процессы обезжиривания, никелирования, хромирования и т.п.

Пр. В. – процессная ванна; ВСП – ванна струйной промывки; ВСПу – ВСП с улавливанием моющей жидкости; ВПП – ванна промывки погружением; РК с ЭФС – распределительные коллекторы с элементами формирования струй; БНЧПВ – бак-накопитель чистой промывной воды; БСЗПВ – бак для слива загрязненной промывной воды; СДЗПВ 1, 2, 3 – сборник-дозатор загрязненной промывной воды; СУРР – сборник-улавливатель разбавленного раствора Пр. В.; СКРР – сборник-концентратор разбавленного раствора Пр. В.; УКИ – устройство для конденсации испарений; ФУ 1, 2 – фильтровальная установка; Н1-Н5 – электронасосный агрегат с магнитной муфтой; К1-К6 – трехходовой шаровой кран; К7-К10 – двухходовой шаровой кран; НЭ1-3 – нагревательные элементы.

Верхний уровень ОМ содержит расположенные в технологической последовательности процессную(ые) ванну(ы) с соответствующей обрабатываемой или очищающей средой (растворы обезжиривания, травления, электролиты покрытия или и др.), многоступенчатую систему промывки, включающую ванны(у) струйной промывки (в том числе и в виде ВСПу), а также ванну промывки погружным или комбинированным

способом.

На нижнем уровне ОМ, в обратной ходу ТП последовательности, расположены, оснащенные ЛНС (в т. ч. и с фильтрующими элементами): баки-накопители чистой и загрязненной промывной воды, сборники-дозаторы последней, сборник-улавливатель и сборник-концентратор разбавленного раствора процессной ванны, соединенный с устройством для конденсации испарений.

Отличительной особенностью предлагаемой технологической структуры ОМ является то, что первая из ступеней промывки осуществляется струйным (водовоздушным) методом (в частности, для процессных ванн с нагревом обрабатываемой среды и при обработке деталей на подвесках) непосредственно при выгрузке деталей из процессной ванны после окончания обработки.

Другой ее особенностью является наличие в составе системы распределенной многоступенчатой струйной противоточной промывки (СРМСПП) ванны струйной промывки (ВСПу), выполненной с возможностью рекуперации моющей жидкости непосредственно в процессе струйной промывки.

В общем случае, принцип работы ОМ бессточной ГХО, при использовании Пр. В с нагревом ее обрабатываемой среды, заключается в следующем.

После достижения необходимой по технологии температуры в Пр.В и загрузки в нее подвески с деталями производится процесс их ГХО, например обезжиривания, после окончания которого производят:

- включение ЛНС Н2 для подачи предварительно нагретой промывной воды из СДЗПВ 1(в данном случае) в РК с ЭФС Пр.В, через открытый в направлении 1@2 ИМ К1;
- выгрузку подвески с деталями из Пр.В.

При этом, поверхности выгружаемых из Пр.В подвески с деталями подвергаются струйной промывке, обеспечивая тем самым смыв основной (до 80-90%) массы раствора обезжиривания (в данном случае), выносимого подвеской с деталями, непосредственно в Пр.В. и восполнение потерь объема ее раствора, обусловленных испарением, работой бортового вентиляционного отсоса Пр.В и выносом его поверхностями подвески с деталями.

Возможные излишки раствора обезжиривания, образующиеся при этом, поступают в переливной карман Пр.В и далее по трубопроводу - в СУРР.

После выхода подвески с деталями из зоны струйной промывки Пр.В производят отключение ЛНС Н2 и перемещение подвески с деталями в ВСП, при выгрузке из которой они подвергаются второй струйной промывке путем включения ЛНС Н3 и подаче промывной воды в РК с ЭФС ВСП из СДЗПВ 2, тем самым, также обеспечивая удаление массы (до 80-90%) уже разбавленного раствора обезжиривания, оставшегося на поверхностях деталей и подвески после проведения первой ступени струйной промывки, реализованной в Пр.В.

Образовавшиеся при этом сточные воды по сливному трубопроводу и открытый в направлении 1@3 (в данном случае) ИМ К2 поступают в СДЗПВ 1, восполняя тем самым потери промывной воды в последнем и ее подготовку (нагрев, в частности) для реализации первой ступени струйной промывки в Пр.В следующей подвески с деталями.

После выхода подвески с деталями из зоны струйной промывки ВСП производят отключение ЛНС Н3 и перемещение подвески с деталями в ВСПу, при выгрузке из которой они подвергаются третьей (более интенсивной в данной случае) струйной промывке путем включения ЛНС Н4 и подаче промывной воды из СДЗПВ 3 в РК с ЭФС ВСПу, обеспечивая тем самым удаление (в ряде случаев, до 95%,) массы еще более разбавленного раствора обезжиривания, оставшегося на поверхностях деталей и подвески после проведения второй ступени струйной промывки, реализованной в ВСП.

Образовавшиеся при этом сточные воды по сливному трубопроводу поступают в СДЗПВ 2, восполняя тем самым потери промывной воды в последнем для реализации второй ступени струйной промывки в

ВСП следующей подвески с деталями.

При этом, часть незадействованных в ПСП, реализуемым в ВСПу, струй промывной воды, уловленных соответствующими трубопроводами ВСПу, поступает по трубопроводу и открытый в направлении 1® 3 (в данном случае) ИМ К3 поступает в СДЗПВ 3, для повторного использования.

Другая часть потерь промывной воды в СДЗПВ 3, при необходимости, компенсируется подачей дистиллированной воды от ее генератора через открытый в направлении 1®2 ИМ К5 и поплавковый регулятор уровня.

После выхода подвески с деталями из зоны струйной промывки ВСПу производят отключение ЛНС Н4 и перемещение подвески с деталями в ВПП с целью проведения операции промывки погружением для удаления оставшейся части разбавленного (каскадно, в данном случае) раствора обезжиривания, для чего производят активное перемешивание промывной воды ВПП. При этом, для слива возможного избытка промывной воды из переливного кармана ВПП в СДЗПВ 3, вход ИМ К4 соединен в его вторым выходом (коммутация 1®3).

После окончания операции промывки погружением в ВПП детали на подвеске подвергаются выгрузке и перемещаются на обработку в следующем ОМ, например, травления.

Образовавшийся в СУРР относительно разбавленный раствор обезжиривания подвергается фильтрации, в частности, от сопутствующих продуктов обработки (СПО), путем включения ФУ2 и направляется в СКРР, где он подвергается доуконцентрированию.

Образующиеся при этом испарения поступают в УКИ, где они конденсируются до образования жидкой фазы – относительно чистой воды, которая по соответствующему трубопроводу, через открытый в направлениях 1®2 и 1®3 (в данном случае) поступает в СДЗПВ 3 и/или БНЧПВ. А сконцентрированный таким образом в СКРР очищенный от СПО раствор обезжиривания используется для восполнения потерь объема раствора в Пр.В с помощью входящих в состав СКРР ЛНС Н1 и соответствующего трубопровода.

При этом, в случае достижения в воде ВПП ОМ (обезжиривания, в данном случае) концентрации ООК значения ПДК, производят следующее:

- открывают ИМ К10 для полного (или частичного) слива загрязненной промывной воды в БСЗПВ;
- вход ИМ К3 соединяют с его первым выходом (индексная коммутация 1®2) для слива рекуперированной части промывной воды, использованной при струйной промывке в ВСПу, в БСЗПВ;
- вход ИМ К4 соединяют в его вторым выходом (индексная коммутация 1®2) для слива возможного избытка промывной воды в БСЗПВ;
- закрывают ИМ К8 СДЗПВ 3 и открывают ИМ К9 БСЗПВ для коммутации промывной воды в последнем со входе ЛНС Н4. После слива загрязненной промывной воды из ВПП производят закрывание ее ИМ К10 и включение ЛНС Н5 для подачи уже чистой промывной воды из БНЧПВ в ВПП.

Далее процесс бессточного обезжиривания (в данном случае) производится аналогичным вышеописанному образом с той разницей, что при реализации 3-й ступени струйной промывки используют загрязненную ООК Пр.В воду из БСЗПВ, что вполне допустимо при реализации предпоследней ступени струйно - динамической противоточной промывки.

В процессе исследований авторами получены формулы для расчета необходимого количества ступеней промывки в составе конкретного ОМ и продолжительности работы последнего между очередными сменами воды в ВПП /2/, составляющей, в частности для операции обезжиривания, сотни часов.

Необходимо отметить, что данные структура и оборудование СРМСПП являются инвариантными в отношении вида технологического приспособления и могут быть использованы для ГХО деталей, размещаемых в перфорированных барабанах, что проверено экспериментально (см. Рис. 5) /5/.



Рис. 5. Ванна струйно-динамической промывки деталей в перфорированных барабанах из состава ОМ никелирования с использованием ЭФС с двухрядной структурой МНП и поворотных муфт из полипропилена. Другими необходимыми условиями эффективного функционирования любой линии ГХО, в частности, на этапах выгрузки деталей из процессных ванн и транспортировки являются: обеспечение максимального улавливания стекающей с деталей обрабатывающей среды; локализация и удаление вредных выделений процессных ванн.

Использование известных в отечественной и мировой гальванотехнике методов для решения этих актуальных задач приводит либо к искусственному и значительному (до 10%) сокращению производительности линий ГХО, либо к увеличению (до 30 %) длины последних и/или к сравнительно большим затратам энергоресурсов.

Для устранения этих недостатков, нами предлагается комплексное решение, включающее использование как представленных выше методов и схем промывных операций, так и новых конструкций автооператоров (АО), дополненных соответствующими решаемым задачам техническими средствами и специальным оборудованием, что позволяет:

- свести к минимуму вероятность попадания агрессивных газов, аэрозолей и испарений процессных ванн линии в атмосферу цеха;
- исключить необходимость выстоя АО у процессных ванн (Пр.В) после выгрузки из последних деталей;
- обеспечить реализацию процессов улавливания с минимальными, по сравнению с существующими методами, затратами производственных площадей и энергоресурсов;
- поддерживать требуемую технологическую стабильность качественных и количественных характеристик применяемых электролитов и растворов.

В качестве специального оборудования предполагается использовать размещаемые в колпаке АО для улавливания вредных выделений Пр.В, дополненным управляем(и) канал(ами) для отвода уловленных газов, аэрозолей и испарений в вентиляционную систему конкретной Пр.В или линии ГХО, самосливаемый поддон и коллектор с элементами подачи очищающего агента (воды ванны промывки погружением или сборника ее слабоконцентрированной части) на внутреннюю поверхность поддона /6/.

При этом, существенное (до 2-3 раз) снижение мощности вентиляционной системы локального (в данном случае) типа, в частности, для процессных ванн, имеющих большие (более 2м) габариты по ширине, может быть достигнуто, за счет применения модифицированного метода передувки, с обеспечением возможности рециркуляции воздушно - газовой среды, в качестве которой используются сжатый воздух или очищенные выделения данной процессной ванны /7/.

Кроме того, для повышения качества (до 30 - 50 %, в части равномерности) и производительности (до 1,5 - 2 раз) покрытий, а также в целях обеспечения возможности рекуперации выносимых деталями электролитов и растворов непосредственно в процессные ванны (в частности, с нагревом их обрабатывающей среды), нами разработаны новые конструкции последних, защищенные патентами РФ /8, 9, 10/.

Проект линии бессточной гальванохимической обработки поверхностей деталей (на основе патента РФ № 2080425) был отмечен дипломом на международной выставке изобретений в г. Нюрнберг (Германия) в 2005 г.

Предварительные расчеты, результаты экспериментов и данные опытно-промышленной эксплуатации показали, что реализация проектов позволяет:

- сократить (**не менее, чем в 1,5 - 2 раза**) время обработки;
- сократить (**более, чем в 2 раза**) затраты производственных площадей;
- сократить **в десятки раз** объем сточных вод, направляемых на ЦОС;
- уменьшить затраты на химикаты, теплоноситель и электроэнергию;
- снизить вероятность (**вплоть до исключения возможности**) попадания агрессивных газов, испарений и аэрозолей в атмосферу цеха;
- повысить качество очистки поверхностей изделий;
- создать предпосылки для реализации полностью замкнутого цикла ГХО, что, в свою очередь, значительно повысит конкурентоспособность реализуемых технологических процессов и оборудования, в целом, по сравнению как с любыми отечественными, так и зарубежными аналогами, и существенно (в разы) снизит себестоимость покрытий.

В настоящее время на ФГУП "ПО "СТАРТ" Минатома РФ, на основе результатов проведенных исследований, завершено проектирование выполненной в двухуровневой компоновке механизированных линий оксидирования стальных деталей и бессточного хромирования пресс-форм.

Для предприятий и организаций, заинтересованных в достижении выше указанных показателей, возможно проведение следующего вида работ, связанных с созданием современных технологий и оборудования ГХО:

- обследование и модернизация систем промывки, вентиляции и др. на действующих и проектируемых гальванических линиях;
- разработка, изготовление и поставка устройств струйно-динамической промывки для работы с локальными и/или централизованными напорными системами;
- разработка, изготовление и поставка устройств струйно-динамической промывки для работы с локальными и/или централизованными напорными системами;
- поставка ЭФС (по патенту РФ № 2046685) и передача необходимой документации для изготовления коллекторов и сборки устройств струйно - динамической промывки;
- разработка проекта автооператорной линии бессточной гальванохимической обработки поверхностей деталей как на подвесках, так и в перфорированных барабанах, в том числе и с оригинальными устройствами локализации и удаления токсичных испарений;
- авторское сопровождение, участие в пуско-наладочных работах и др.

Список литературы:

1. ГОСТ 9.314 – 90
2. Алексеев А. Н. Аналитическое описание процесса и основных параметров высокоэффективной очистки поверхностей деталей, реализуемой в бессточном режиме // Новые промышленные технологии. – 2003. - №3. - С. 9 – 17.
3. Алексеев А. Н. Метод проектирования оптимальной структуры системы распределенной многоступенчатой струйной противоточной промывки бессточной линии гальванохимической обработки и/или очистки общего вида // Новые промышленные технологии. – 2003. - №5. - С. 14 – 23.

4. Алексеев А. Н., Тарасов В. А. Аналитическое описание конструктивно-технологических параметров высокоэффективных насадков и операций струйной очистки в процессах гальванохимической обработки // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Машиностроение. – 2003. - №4. - С. 84 – 95.
5. Алексеев А. Н. Теоретические основы управления параметрами моющей жидкости и процессами промывки в автоматизированном операционном модуле гальванохимической обработки // Новые промышленные технологии. – 2003. - №5. - С. 28 – 39.
6. Пат. 2080425 (РФ). Линия для гальванохимической обработки деталей / А. Н. Алексеев // Б.И. - 1997. - № 15.
7. Алексеев А. Н. Повышение эффективности технологических операций и функционирования оборудования гальванохимической обработки в условиях автоматизированного гальванического производства - М.: Изд-во журнала "Новые промышленные технологии" Минатома РФ, 1997. - 189 с.
8. Пат. 2165480 (РФ). Способ изготовления ванны для электролитической обработки деталей на подвесках / А. Н. Алексеев // Б.И.... - 2001. - №11.
9. Пат. 21666003 (РФ). Способ изготовления ванны струйной промывки, в частности, деталей на подвесках / А. Н. Алексеев // Б.И.... - 2001. - № 12.
10. Пат. 2166004 (РФ). Способ изготовления ванны промывки деталей в холодной воде/ А. Н. Алексеев // Б.И.... - 2001.- № 12.