

В. Н. Хитрун

ЭКОГАЛЬВАНИКА

МАЛООТХОДНЫЙ ЦЕХ-АВТОМАТ

Концепция Нижегородского научно-
производственного предприятия
«РоботЭк»



Нижний Новгород
2015

УДК 658.52.11.56
ББК 34.663-5
Х52

Х52 Хитрун В. Н.

Экогальваника. Малоотходный цех-автомат.
Концепция Нижегородского научно-производственного предприятия «РОБОТЭК». Нижний Новгород, 2015 г. – 52 с.+вкл. 8 с., ил.
ISBN 978-5-600-01334-6

Инновационными сегодня могут считаться только технические проекты, обеспечивающие малоотходность и ресурсосбережение. Предлагаемый экологичный цех-автомат по производству гальванопокрытий построен как набор технологических модулей – роботизированных гальванических линий производства НПП «РОБОТЭК», третье десятилетие обеспечивающих импортозамещение в оборонных отраслях. Предлагаемый проект – это креатив без чудесных технологий – только здравый смысл, расчет, Ноу-Хау и Экороботы как концептуальная и техническая основа проекта.

Надеемся, что проект будет полезен инвесторам, понимающим, что альтернатив импортозамещению в гальванике нет и в ближайшие годы не будет.

Уверены, данная публикация заинтересует предприятия тех двадцати четырех городов России, где успешно эксплуатируются наши роботизированные линии и у которых появилась потребность в автоматизации своего производства до уровня Industrie 4.0, достигаемого проектом «Экогальваника».

УДК 658.52.11.56
ББК 34.663-5

ISBN 978-5-600-01334-6

© В.Н. Хитрун, 2015

ВВЕДЕНИЕ

За годы перестройки и промышленного спада большинство из двухсот тысяч действовавших в СССР гальванических производств морально и физически устарело и перешло в разряд не подлежащих восстановлению. Сегодня у российских предприятий появилась уникальная возможность оснащения поднимающейся промышленности экологичным и ресурсосберегающим оборудованием уровня XXI века. Однако возникающий рост спроса на гальваническое оборудование не стимулирует новые разработки – воспроизводятся и покупаются как наиболее дешевые устаревшие технические решения. Пагубный для промышленности страны механизм тендерных закупок, принуждающий предприятия оснащаться не технически совершенными, а самыми дешевыми образцами оборудования, создает новые экологические проблемы. Спасительная альтернатива, а также прямые инвестиции в наше будущее – это инновационная гальваника.

Предлагаемая НПП «РОБОТЭК» концепция «Экогальваника» базируется на результатах 25-летнего производства и эксплуатации практически во всех отраслях промышленности роботизированных гальванических линий – РГЛ, обеспечивающих производитель-

ность и технологическую гибкость, малоотходность и энергосбережение. Высочайшая эксплуатационная надежность и экологические возможности РГЛ позволяют в настоящее время говорить о построении на их базе полностью автоматических гальванических производств с сетевыми системами информационного обмена – цехов-автоматов уровня Industrie 4.0

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АСУ – автоматизированная система управления;
БК – бортовой контролер;
ГБ – гальванический барабан;
ГП – гальваническая подвеска;
КПД – коэффициент полезного действия;
МОК – маршрутно-операционные карты;
НК – номенклатурный компьютер;
ПК – протоколирующий компьютер;
РГЛ – роботизированная гальваническая линия;
РЗР – робот загрузки-разгрузки;
СОЖ – смазочно-охлаждающая жидкость;
ТР – транспортный робот;
ТС – технологический спутник;
ХО – химическое обезжиривание;
ЭХО – электрохимическое обезжиривание;
ПБ – предел Будиловского.

1. АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ ЭКОГАЛЬВАНИКИ

В настоящее время наиболее эффективным средством автоматизации гальванических производств – от единичного до крупносерийного – являются роботизированные гальванические линии. Их успешная эксплуатация и непрерывное совершенствование на протяжении двух десятилетий определили высокую экономичность и стабильное качество получаемых гальванопокрытий.

Уже не вызывает удивления высочайшая надежность работы, достигнутая реализацией алгоритмов их построения и управления, базирующихся на высоконаучных исследованиях. Вполне естественным и рентабельным стало применение в гальванике дорогих, но высокоресурсных материалов и комплектующих. Удобство эксплуатации линий, включающее программирование техпроцессов, доступное непрофессионалу стало само собой разумеющимся.

Одновременное обеспеченные технологической гибкости и производительности РГЛ за счет возможности обработки в одном потоке деталей различных техпроцессов в динамике их поступления на вход линии взамен циклограммного управления является важным преимуществом РГЛ.

Достижение стабильности качества гальванопокрытий в автоматическом режиме работы линий путем обеспечения высочайшей надежности транспортных роботов, имеющих свою систему самодиагностики, а также расширения функций управления до непосредственного контроля параметров технологических операций тоже стало решенной проблемой.

Актуальной и экологически обоснованной в настоящее время стала задача создания гальванического цеха-автомата, строящегося как функционально законченное звено в производственной цепочке предприятия с внутренней оптимизацией материалопотоков, обеспечивающей в конечном итоге минимизацию времени прохождения деталями этапа гальванообработки.

При этом также будет решена задача исключения ручного труда из условий агрессивной среды гальванического производства.

Роботизация, как наиболее целесообразный уровень автоматизации такого гальванического цеха, позволит принципиально по-новому решить и вечную для гальваники проблему экологии.

Гальваника была и остается экологически грязным и несовременно энергозатратным производством.

Основными источниками отходов работающих гальванических линий являются:

1. Гальваностоки – проточная вода, загрязненная химикатами на этапах межоперационной промывки обрабатываемых деталей. Считается, что с гальваностоком уносится порядка 70% химикатов, и только 30% идут на гальванопокрытие загружаемых в процессные ванны деталей.

2. Капли, падающие с обрабатываемых деталей и технологических спутников на борта ванн, бортоотсосы, соседние ванны в процессе межоперационного транспортирования.
3. Воздух, отсасываемый с зеркала ванн (прежде всего горячих), уносящий химические вещества в виде аэрозолей.
4. Залповые выбросы горячих аэрозолей на «грязных» операциях, например, на операциях травления и последующей промывки.
5. Остатки консервационных масел и СОЖ, смываемые с поверхности обрабатываемых деталей на операциях обезжиривания.
6. Шлам, накапливающийся на дне ванн – продукт нейтрализации и распада органики (блескообразователи и т.п.) и мусор.
7. Концентрированные стоки отработанных химических растворов и электролитов.

Поскольку утилизация концентрированных растворов электролитов операция не ежедневная и осуществляется чаще всего на специализированных предприятиях, этот вид отходов не рассматривается.

Поясним более подробно.

По пункту 1.

Минимизация гальваностока традиционно осуществляется увеличением времени стекания выносимых растворов над процессными ваннами, созданием каскадных систем погружной промывки, встряхиванием обрабатываемых деталей над процессными ваннами, вращением гальванического барабана над процессной ванной, обдувом сжатым воздухом и т.д.

Критерием выноса из процессных ванн растворов и электролитов является «Предельное за счет поверхностного натяжения, не удаляемое с поверхности деталей количество жидкости, называемое пределом Будиловского (ПБ)». Значения ПБ для различных растворов и электролитов приведены в справочнике «Гибкие автоматизированные гальванические линии» под ред. Зубченко В.Л., М. Машиностроение, 1989 г. [2]

Вышеперечисленные способы снижения выноса обеспечивают на практике не лучшее, чем в пределе 30–40 кратное значение ПБ (для щелочного цинкования ПБ = 0,015 л/м²). На практике это означает, что гальванический барабан (ГБ) с загрузкой деталей общей площади 4,5 м² (крепеж) выносит из каждой процессной ванны в гальваносток 3,0 литра электролита с обрабатываемыми деталями плюс 0,5 л – корпусом ГБ.

Таким образом, для минимизации выноса в равной степени необходима как отмывка деталей, так и самого корпуса гальванического барабана.

По пункту 2.

Опытным путем установлено, что на автоматической барабанно-подвесочной линии с ваннами объемом порядка 0,8 м³, объем стекающих с обрабатываемых деталей и технологического спутника (ТС) капель (прежде всего с ГБ) на борта ванн, вентколлектор, на пол в процессе их межоперационного транспортирования за смену составляет около 20 литров химрастворов. В условиях традиционной гальваники эти засохшие следы химрастворов после рабочей смены оттирают тряпками, смыв которых, как правило, идет в бытовую канализацию.

По пункту 3.

Согласно существующим методикам расчета [2] необходимое количество отсасываемого воздуха с 1 м² зеркала ванны при комнатной температуре растворов составляет от 1 до 3000 м³/час. При температуре 80°С требуемый объем этого воздуха возрастает на 100%, при барботаже раствора – еще на 30%.

По пункту 4.

Залповые выбросы в линиях традиционных конструкций, например, при опускании деталей в ванну промывки после операции травления – это упирающийся в потолок столб ядовитых испарений, который не забирают никакие бортовые отсосы. Это дополнительная нагрузка на общеобменную вентиляцию. Особенно много таких грязных операций в линиях обработки алюминия.

По пункту 5.

При опускании деталей в горячую ванну обезжиривания масло и остатки СОЖ всплывают на поверхность, но при подъеме деталей из ванны опять прилипают к деталям и технологическому спутнику.

По пункту 6.

Твердый влажный осадок со дна ванны периодически выбирается вручную или с помощью погружных насосов. Если ванна оснащена системой фильтрации, осадок снимается с фильтров. Этот осадок дополняет получаемый на выходе установок нейтрализации и очистки, вывозимые для захоронения на полигон.

Считается, что именно твердый осадок и должен быть единственной формой отходов гальваники, при этом задача построения экогальваники в основном и состоит в минимизации количества гальваноотходов, поступающих на установки их очистки, минимизация энергозатрат для их нейтрализации и преобразования из жидкой фазы в твердую.

Рассмотрим теперь предлагаемые сегодня пути решения задачи относительно шести ранее определенных источников загрязнения, с применением транспортных роботов НПП «РОБОТЭК».

1. Сокращение объема гальваностока.

Объем гальваностока определяется как количеством выносимых из процессных ванн растворов, так и выбранной схемой промывки. При равном количестве выносимых растворов расход промывной воды (а значит и стока) может быть многократно сокращен за счет применения широкоизвестных каскадных промывок. Однако их эффективность зависит от исходной концентрации раствора: чем она ниже, тем менее эффективна каскадная промывка. Так расход воды в трехкаскадной промывке (в сравнении с одной проточной промывной ванной) для концентрации поступающего раствора HNO₃ в 400 г/л (ванна осветления алюминия) сокращается в 250 раз, а для HNO₃ с исходной концентрацией 10 г/л (ванна осветления после цинкования) в 20 раз.

Но многократного сокращения гальваностока можно достичь и непосредственным снижением количества выносимых из процессных ванн растворов, если ТР обеспечит экономную промывку деталей над процессной ванной.

2. Количество разбрызгиваемых растворов от транспортируемых деталей также сокращается со снижением количества выносимых на деталях растворов. Полностью снимает проблему поддон для сбора капель на ТР.
3. Возможности минимизации количества отсасываемого с зеркала ванн воздуха и элюатов зависит от состава раствора, рабочей температуры, необходимости перемешивания (барботажа). Однако любое изменение рабочих параметров (например снижение температуры растворов) является вмешательством в техпроцес, и на это производственники зачастую идут. Если укрыть ванны крышками, которые будет открывать ТР при загрузке ванн деталями, требуемые объемы отсоса сокращаются в разы [1].
4. Залповые выбросы. Они возникают в процессе опускания деталей в раствор. Для их локализации применяют зонды, подвешиваемые над ванной выше ТР – громоздко, энергозатратно и малоэффективно. Однако, если транспортировку осуществляет трехкоординатный ТР [1], оснащенный кабиной, локализующей выброс, а верх кабины имеет заборник, открывающий вентколлектор при поперечном движении кабины ТР – локализация выброса обеспечена.
5. Обезжиривание и удаление с поверхности деталей масел и СОЖ. Если ТР смывает при подъеме деталей из ванны остатки масел и СОЖ, операции станут значительно экологичнее.
6. Осадок на дне ванны. При культурном приготовлении растворов, закачиваемых в ванны – это в основном продукт нейтрализации от капель пост-

ронных растворов, падающих при транспортировке деталей. Если ТР имеет поддон-капелесборник, а ванны – крышки, то проблема снимается.

Таким образом, ТР, наделенный дополнительными функциями – уже Экоробот – способный во многом решить задачи экологизации производства. Количественная минимизация гальваностока при этом обеспечивает эффективность применения компактных устройств нейтрализации и переработки до твердой фазы.

2. ОПЫТНАЯ ЭКОГАЛЬВАНИКА

Экологичность гальванолиний определяется объемом водопотребления и количеством отходов, прежде всего гальваностоков.

Как уже указывалось, объем промывной воды (т.е. объем гальваностоков) определяется напрямую количеством выносимых из процессных ванн растворов.

Наши эксперименты показали, что одними из самых рациональных способов возврата растворов в процессные ванны, являются душирование и (или) обработка паром деталей, извлеченных из ванны (при обработке барабанов пар или вода подавались внутрь барабана).

В идеале вынос электролита должен приближаться к пределу Будиловского: 0,015–0,02 л/м² при щелочном цинковании. Вариант непосредственного возврата в процессные ванны выносимых растворов проверялся нами на барабанно-подвесочной РГЛ щелочного цинкования традиционной конструкции. Предварительно был составлен водобаланс, учитывающий все стоки и испарения для каждой ванны (табл. 1).

Расчетная производительность РГЛ 18 м²/час.

Расчетное водопотребление этой линии – 56 л/час.

Линия представлена как последовательность из четырех технологических модулей, состоящих из про-

цессных ванн, своих для ГБ и ГП, душирующих камер-суперуловителей, также своих для ГБ и ГП, смыв из которых периодически перекачивается в процессные ванны, – погружной промывной ванны, снабженной так называемой шпреерной промывкой (система душирования при подъеме из ванн).

Такая линия гальванопокрытий, построенная на основе традиционных технических средств, консольных автооператоров и открытых ванн представлена на фото 1. Линия эксплуатировалась три года и, несмотря на технические несовершенства, имела достаточно высокую рентабельность. Изначально она была сдана в аренду индивидуальному предпринимателю, который получал от ее эксплуатации прибыль.

Ограниченный гальваносток, собираемый в локальные накопители, еженедельно сдавался за установленную плату на очистные сооружения соседнего завода. Экономическая эффективность эксплуатации линии (в ценах 2008 года) показана в калькуляции, определившей цену покрытия (табл. 2).

В табл. 2 приведены фактические среднемесячные расходы на производство гальванопокрытий метизов.

Фактическая производительность линии в месяц – 60 000 кг, фактическая стоимость покрытия – 16 руб/кг.

Четырехнедельные затраты на утилизацию – еженедельная сдача локальных по операциям гальваностоков по цене 1000–5000 рублей за метр кубический при объеме 4,5 м³ в неделю или 20 м³ в месяц составляли 50 тысяч рублей, что соответствует 5% от стоимости произведенной продукции.

Стоимость используемой воды 12 р/м³ – водо-

Водобаланс опытной экологичной барабанно-подвесочной

Модули Расход	Модуль электрохимического обезжиривания					Модуль активации				Модуль				
	Тех. процесс	ЭХО	ЭХО	ДБ	ДП	ПП Sp	А	ДБ	ДП	ПП Sp	ЦБ	ЦБ	ДБ	Пр гор
№ поз.	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Душ Sp, л/час			+16	+16	+12		+16	+16	+12			+16		
Внос, л/час			+13		+0,7	+0,7	+13		+0,7	+0,6		+11	Б= -0,6 П= -1,4	
Вынос, л/час	-13				-0,7	-1,3			-0,7	-11				
Испарение при души- ровании			-4	-3	-0,5		-4	-3	-0,5			-4		
Испарение с зеркала	-12,5	-12,5				0,5				-1				
Возврат в процессную ванну, л/час	25					12,8				11,4				
Слив в накопитель кислотный, л/час									36,7					
Слив в накопитель щелочной, л/час														
Слив в накопитель отстойник, л/час					11,5								2	

Таблица 1

гальванической линии щелочного цинкования

цинкования							Модуль пассивации							Σ, л/час	Σ, л/сут	Σ, л/нед
ЦП	ЦП	ЦП	ЦП	ДП	ПП Sp	О	Пе	К1	К2	К3 Sp	ГП Sp	Сш	Ст			
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	32			
				+16	+12,8					+12	+12					
+0,1				+1,6	+0,7	+13	+13	+13	+13	+13	+13		+11			
-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,1	-1,3	-13	-13	-13	-13	-13	-13					
				-3	-0,5					-0,5	-0,5					
-2													-40			
3,5																
													36,7			
				18,5									18,6			
											1,5		298			
												11	3000			
													600			
													2950			

Таблица 2

Структура цены цинкового покрытия в барабанах на РГЛ традиционной конструкции.

Режим работы в 2 смены, 20 рабочих дней (месяц)

Статья расхода	Заграты (руб.)
Химикаты	360 000
Сдача отходов	50 000
Аквадистиллятор (70 кВт) Компрессор для барботажа 30 кВт Вентиляция 10 кВт	176 000
Аренда помещения	100 000
Транспортные, эксплуатационные расходы	40 000
Фонд заработной платы	180 000
Прибыль	60 000
ИТОГО:	1 000 000

потребление и 13 р/м³ – водоотведение в расчете цены не учитывается.

Для чистоты эксперимента в качестве промывной воды, как для душирования, так и для погружных промывок использовался аквадистиллят, которым была обеспечена линия.

Расход воды на 1 м² гальванического покрытия составил около 3 л, а величина гальваностока при эксплуатации линии практически совпала с расчетной – 56 л/час.

Обработка малоотходных технологий велась с помощью кондуктометра и переходных графиков: «Проводимость/концентрация» (рис. 1, рис. 2).

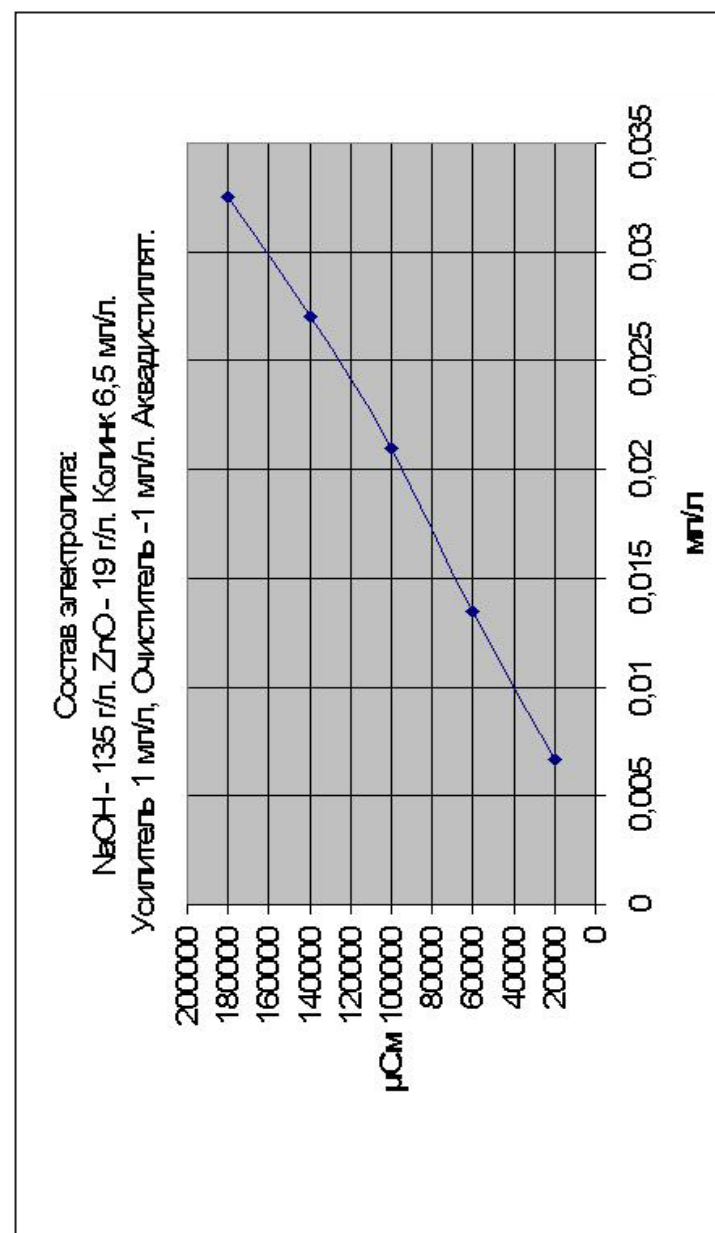


Рис. 1. Экспериментальная зависимость проводимость/концентрация для электролита цинкования

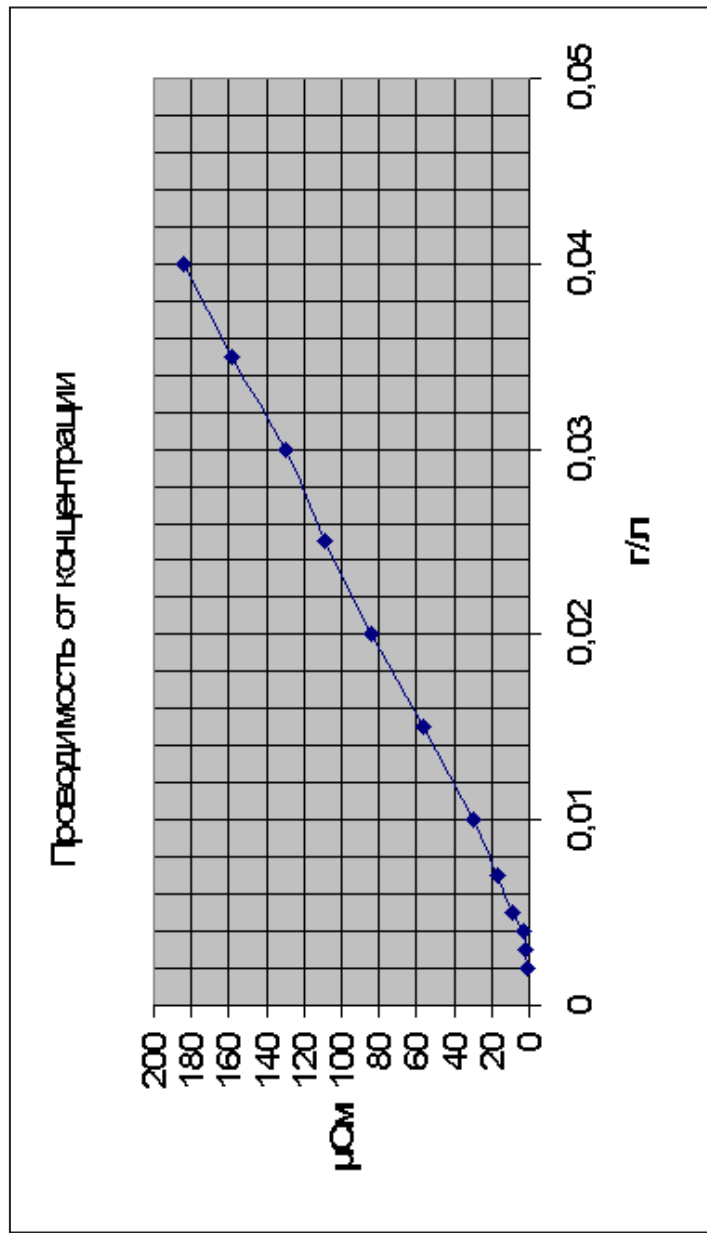


Рис. 2. Экспериментальная зависимость проводимости/концентрация для раствора NaOH в аквадистилляте

Достигнутая столь малая величина стока открывает возможность воплощения идеи получения твердого осадка на выходе гальванического участка упариванием всех без разбора жидких отходов гальванического производства.

Даже при довольно значительной производительности гальванической линии 18 м²/час расход промывной воды составил около 60 л/час, который вполне реально упарить доступными средствами. При меньшей производительности (меньше 18 м²/час) упаривание жидких отходов становится еще более актуальным, так как традиционное обезвреживание сточных вод требует наличия целого участка очистных установок, аналитической лаборатории, обслуживающего персонала для всего комплекса, а, кроме того, согласования со множеством надзорных организаций и их периодических проверок.

3. ОБРАБОТКА ОГРАНИЧЕННОГО ГАЛЬВАНостоКА. АНАЛИЗ ЗАТРАТ

Разумное с точки зрения энергозатрат получение твердых, подлежащих захоронению отходов из перечисленных видов загрязнения остается до настоящего времени проблемой. Хотя и существуют технологии полностью безотходных производств, включающих возврат воды после упаривания в промывные ванны, мы беремся утверждать, что все они неоправданно дороги для реальных производств, как по стоимости оборудования (единовременные затраты), так и по текущим, эксплуатационным затратам. Рассмотрим затраты процесса получения твердых отходов на основе использования наиболее модного в настоящее время вакуумного упаривателя, применительно к нашей линии барабанно-подвесочного щелочного цинкования производительностью 18 м²/час, имеющую объем стока 60 л/час. Цена такого упаривателя (Австрия, Италия) порядка 65 000 евро, т.е. при существующем курсе 60 рублей за евро – 4 млн. рублей. Это единовременные затраты. Типовое потребление энергии вакуумного упаривателя – 100 ватт·час/л.

При сроке амортизации экологического оборудования – 5 лет и 20 000 часов работы при 20 часовой суточ-

ной загрузке имеем 2 000 кВт·часов израсходованной энергии, что при стоимости 5 рублей за 1 кВт·ч составит при производительности 60 л/час – 600 000 рублей.

Для эксплуатации установок требуется инженер, стоящий производству с налоговыми отчислениями не менее 30 тыс. рублей в месяц. За 5 лет эксплуатации (амортизационный срок для экологического оборудования) затраты на него составят 1,8 млн. рублей. Таким образом суммарные затраты, обеспечивающие утилизацию гальваностока 60 л/час составят за 5 лет 6 млн. 400 тысяч рублей.

При производительности линии 18 м²/час приведенная стоимость очистки стока составит 320 р/час или 11% от цены производства.

Рассмотрим альтернативу применению импортного вакуумного упаривателя, который, кроме высокой цены эксплуатационных расходов, имеет не учтенную нами при расчетах стоимость ремонта и импортных запчастей, а также ограничения концентрации входящего потока по анионам и катионам. Простейший и при этом предельно дешевый электролизный или ТЭНовый упариватель потребляет 1 кВт·ч электроэнергии на 1 литр раствора. За 5 лет (20 000 часов работы) расход энергии составит 20 000 кВт·ч или 100 000 рублей. При 60 л/час, издержки составят 6 млн. рублей (инженер и запчасти не требуются). В цене произведенного цинкования на нашей экспериментальной линии это составит 10%. Роторно-пленочный испаритель потребует 0,8 кВт·ч/л раствора и стоит порядка 100 000 рублей. Эффект такого же порядка, т.е. 8% от цены продукции может получиться на двухконтурном упаривателе. Если же

на предприятии имеется «дармовой» пар – стоимость упаривания упадет многократно!

Таким образом, наиболее рациональным в настоящее время приходится признать использование простейшего электролизного (или ТЭНового упаривателя).

Еще раз следует отметить, что вариант упаривания общего гальваностока РГЛ требует обеспечения технологии гальванопокрытия с затратами промывной воды в пределах 3,3 л на 1 м² обрабатываемой поверхности, что мы и надеемся достичь опробованными средствами.

Ниже приведено описание технических средств, которые мы предполагаем использовать для реализации проекта малоотходного ресурсосберегающего гальванического цеха.

4. СОВРЕМЕННАЯ ЭКОГАЛЬВАНИКА. ТЕХНИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

4.1. Экоробот

Трехкоординатный транспортный робот (фото 2, фото 3) – основное средство автоматизации роботизированных гальванических линий [1] – разрабатывался с перспективой под задачи экологии. Робот имеет полипропиленовую кабину, в которой транспортируются обрабатываемые детали, поддон для сбора капель, бак для их накопления с системой слива в канализацию, бортовой контроллер с необходимым запасом вычислительной мощности и достаточного места для установки парогенератора, системы душирования, бака с водой, и, при необходимости, безмасляного компрессора с ресивером.

ТР перемещается между рядами ванн – маршевое перемещение – и позиционируется с помощью лазерного дальномера с точностью ± 5 мм при скорости 1м/сек.

Остановившись напротив требуемой ванны, ТР перемещает транспортировочную кабину в поперечном направлении, одновременно открывая краем кабины крышку ванны.

При остановке кабины на центре ванны подъемная траверза ТР входит в контакт с рогами технологи-

ческого спутника (ГБ или ГП), после чего начинается подъем ГБ (ГП) над ванной внутри транспортировочной кабины ТР.

При истечении заданного для каждой ванны времени стекания начинается обработка деталей паром. При обработке барабанов пар подается в торцевые крышки ГБ. Конденсируясь на поверхности металлических деталей, пар стекает в ванну, над которой висит технологический спутник с деталями.

ГБ может иметь вращение. Все описанные операции происходят внутри кабины, которая является перемещаемым аналогом «суперуловителя» нашей экспериментальной линии цинкования, а смыв естественным образом (*без насосов*) стекает в ванну.

Таким образом достигается минимальный вынос электролита из процессных ванн. Лимитирует операцию первоначальной обработки паром объем слива, который не должен нарушать водный баланс.

На «газящих» операциях кабина (при поперечном перемещении) входит в плотный контакт с вентиляционным коллектором, открывая при движении его клапан. Таким образом, обработка деталей паром (водой) продолжается как бы в вытяжном шкафу, т.е. выбросы в атмосферу цеха локализуются – остаются в кабине – и направляются в систему вытяжной вентиляции.

Перемещение ГБ на центр ТР для перехода в следующую по технологическому процессу ванну, в ванну погружной промывки, происходит над поддоном ТР. Как правило промывная ванна находится в ряду напротив, а поддон ТР перекрывает края ванн в обоих рядах линии, т.е. капли растворов не попадают на

борта ванн, венткороб и не загрязняют другие ванны. Движением на центр ТР кабина закрывает крышку ванны. Через сколько-то часов работы, когда кончится вода в баке или переполнится капельный накопитель, ТР отъезжает в конец линии, где опорожняет капельный накопитель или пополняет бак с водой для парогенератора (душирования), или то и другое одновременно.

Уже более десятка таких ТР, только без системы обработки паром (душирования), надежно работают в различных отраслях промышленности России.

Описанный экоробот:

– обеспечит экономию химикатов, сократит объем гальваностока (ограниченный вынос электролитов из ванн);

– сократит выбросы в атмосферу цеха (крышки над ваннами и транспортировочная кабина);

– сократит загрязнение линии, венткороба и растворов падающими каплями (межоперационная транспортировка деталей над поддоном, а не над технологическими ваннами).

4.2. Энергосбережение

Основой энергосбережения являются следующие конструктивные решения.

4.2.1. Плотные полипропиленовые (фторопластовые) **крышки ванн**, открываемые/закрывающиеся ТР. Их применение обеспечило:

– Сокращение объема отсасываемого с зеркала ванн воздуха и аэрозолей в среднем в 6 раз, (*а не в 2 раза по существующей методике расчета* [3]), что позволило разработать экономную и предельно компактную

конструкцию вентколлектора и расположить его вдоль бортов ванн со стороны ТР.

— Сокращение расхода электроэнергии на разогрев раствора ванн в 6 раз. Причем это без учета выигрыша при утреннем разогреве, когда температура под крышкой за ночь падает всего на 10°C, а на соседней линии, где ванны без крышек – на 30°C.

4.2.2. Конструкция нагревателей.

Разработанный инфракрасный донный нагреватель (фото 4), за счет естественной тепловой циркуляции обеспечивает перемешивание раствора ванны и тем самым:

- экономит время разогрева ванн;
- снимает потребность в барботаже ванн с нагревом.

4.2.3. Пневматические клапаны.

Обеспечивают экономию сжатого воздуха при барботаже промывных ванн. Коэффициент загрузки промывных ванн – в пределах 10%, однако барботаж ванны идет непрерывно. Установка механических пневмоклапанов позволит десятикратно сократить расход сжатого воздуха, так как компрессор не используется (*на нашей экспериментальной линии цинкования фактическая мощность компрессора составит 0 кВт вместо 30 кВт*)

4.2.4. Трансмиссия вращения барабанов и (или) качания подвески, корзины.

В последних моделях наших РГЛ для вращения ГБ применяются механическая трансмиссия – нетрадиционное продольное расположение ванн (вдоль линии) позволило предельно упростить трансмиссию (фото 5). Так как звенья трансмиссии имеются в каждой ванне,

то перемешивание растворов механическим путем не представит принципиальных трудностей. Если обработка деталей барботажа не требует, то механическое перемешивание для барабанов обеспечивается их вращением, а для подвесок вводится механизм встряхивания во многих случаях заменяющий и барботажа.

Две РГЛ с трансмиссией, обеспечивающей как вращение барабана, так и качание (встряхивание) подвески в настоящее время работают на ОАО «МАРС», город Торжок.

4.2.5. Экономная сушка.

Сушка обрабатываемых деталей непосредственно в ГБ взамен громоздких и энергозатратных центрифуг и сушильных шкафов впервые была создана 20 лет назад немецким конструктором Tschewitschke, хозяином одноименной фирмы. Стоила она 50 000 немецких марок, но распространения не получила, так как сушила плохо и работала ненадежно.

Разработанная НПП «РОБОТЭК» пять лет назад сушильная камера в комплекте с ГБ, имеющим торцевую загрузку, предельно проста и работает безотказно, сушит быстро и качественно.

4.3. Ноу-Хау

Практически все рассмотренные в разделах 4.1. и 4.2. технические решения имеют прямое отношение к экологичности РГЛ. Рассмотрим менее важные, но на практике весьма существенные усовершенствования.

Снятие масел и СОЖ на первой операции гальванопокрытия – обезжиривании.

Традиционно обезжиривание осуществляется двумя последовательными операциями: химическое

обезжиривание (ХО) и электрохимическое обезжиривание (ЭХО).

Обе ванны и последующая промывка требуют режима обработки 60°C–80°C. Кроме того, операция ЭХО требует двухкратной в сравнении с процессом нанесения покрытий силы тока, реверса тока, идущего фактически на электролиз воды (образование водорода и кислорода). Поэтому операция ЭХО не экологичная и энергетически весьма затратная и, кроме того, пожароопасная. При электрохимическом обезжиривании снятие с деталей масла и следов СОЖ происходит флотационным методом с принудительной циркуляцией и фильтрацией, т.е. это во всех отношениях затратный процесс.

Сдуть масло с зеркала ванн в масляный накопитель трудно из-за наличия в ванне деталей, а все не сдутые остатки снимаются поверхностью ГБ при его подъеме.

Разработанная нами технология позволяет снять масло на проточном фильтре и обходится одной операцией ХО. Система имеет рабочую камеру, накопительный бак, насос с фильтром, управляется специальным контроллером. Технологический спутник с деталями (ГБ) загружается ТР в рабочую камеру, имеющую сопла, контактирующие с отверстиями в торцевых крышках ГБ (фото 6). Обезжиривающий раствор подается из накопительного бака в ГБ, который находится над раствором, поэтому смытое масло повторно барабаном не забирается, а сорбируется на фильтр-патронах и утилизируется.

Финишное душирование ТР над ваннами не нарушает водобаланс системы, т.к. компенсируется уносом пара в вентсистему.

Если считать, что технической базой рассмотренного проекта ЭКОГАЛЬВАНИКА является РГЛ с Эко-роботом, то следует особо отметить конструкцию ГБ.

В разработке концепции экогальваники мы сознательно делаем упор на обработку барабанов, так как вынос химвыводов деталями в барабанах по крайней мере в два раза больше, чем теми же деталями на подвесках. Более того, как показала эксплуатация нашей экспериментальной РГЛ цинкования, от 0,5 до 1 литра растворов выносятся с поверхности самого барабана. При этом растворы за счет поверхностного натяжения удерживаются в отверстиях барабанов, а не только на его поверхности.

Разработанный и созданный нами барабан загружается с торцов, имеет сопла в торцевых крышках, через которые вовнутрь барабана может вводиться пар, душирующая вода, сжатый воздух, а на операциях сушки – горячий воздух.

Особенностью ГБ, определяющую его экологичность являются и ячеистые панели, полученные ортогональной двухсторонней фрезеровкой, с острыми кромками наружу (фото 7). Переход на такие панели взамен унифицированных литых (производства ОАО «Тагат» г. Тамбов и ЗАО «Полипласт» г. Псков) по факту обеспечило 20% снижение выноса растворов поверхностью барабанов – меньше раствора стало удерживаться в его отверстиях.

Значительное количество промывной воды требуется при чередовании щелочной и кислотной обработки.

Например, в традиционной РГЛ щелочного цинкования обезжиривание чередуется с кислотной активаци-

цией после которой идет щелочное цинкование. Такой техпроцесс по расчету потребляет 36 л/ч или 3 м³ в неделю воды. В рассматриваемой линии произведена замена солянокислой активации на электрохимическую щелочную активацию – наше «Ноу-Хау». Активация осуществляется электролитической обработкой в десятикратно разбавленном электролите цинкования, после чего без операции промывки деталь поступает в процессную ванну щелочного цинкования.

5. РГЛ КАК ЭНЕРГОЗАТРАТНАЯ СИСТЕМА

Рассмотрим описанную ранее экспериментальную линию щелочного цинкования традиционной конструкции как техническую энергозатратную систему, оценим ее КПД (табл. 3).

Таблица 3

Энергетические показатели роботизированных гальванических линий щелочного цинкования производства Научно-производственного предприятия «РОБОТЭК»

Потребители	Мощность установленная, кВт	Средняя мощность РГЛ традиционной конструкции, кВт	Средняя мощность РГЛ-Э, кВт
Выпрямители	60	60	60
Нагрев растворов	50	30	5
Сушилка	10	10	5
Вентиляция	10	10	2
Воздух (барботаж)	30	30	0
Транспортный робот, фильтровальные установки, дозаторы, сервисное оборудование	5	5	5
Σ	165	145	77
КПД, %		41	78

Числитель – мощность выпрямителей – это затраты, идущие непосредственно на покрытие. Считаем, что КПД самих выпрямителей 100%, для рассматриваемой линии – это 60 кВт средней расходуемой мощности.

Нагрев растворов в ваннах при установленной мощности 50 кВт в среднем требует не менее 30 кВт, в сушильной камере – не менее 10 кВт. Затраты на вентиляцию – 10 кВт. Требуемый для барботажа сжатый воздух потребует 30-киловаттный компрессор. Транспортный робот, фильтровальные установки, сервисное оборудование в сумме составят еще 5 кВт.

Таким образом рассчитанный КПД РГЛ традиционной конструкции составит величину порядка 41%, а **КПД запатентованной экологичной РГЛ [1] того же состава и той же производительности составит 78%**

6. ЦЕХ-АВТОМАТ НА БАЗЕ РГЛ И ЭКОРОБОТОВ

Цех располагается на производственной площади 54000x18000 мм (рис. 3).

Весь набор требуемых технологических процессов оптимально разбит на пять гальванических линий, модульно скомпонованных с возможностью развития – установки шестого модуля для реализации дополнительно востребованных технологий.

Принципы роботизации обеспечивают возможность как коррекции и дополнения РГЛ новыми технологиями, реализуемыми на установленном наборе ванн, так и полную замену набора технологий на вновь востребованную, с заменой растворов в установленном наборе ванн.

В обоих случаях программирование остается доступным непрофессионалу.

Пять скомпонованных РГЛ-модулей располагают позициями загрузки/разгрузки к транспортной магистрали робота загрузчика/разгрузчика (РЗР). Магистраль связывает позиции загрузки/разгрузки всех технологических модулей с позициями загрузки/разгрузки технологических спутников (ТС) на входном складе.

Позиции загрузки каждой линии имеют входной

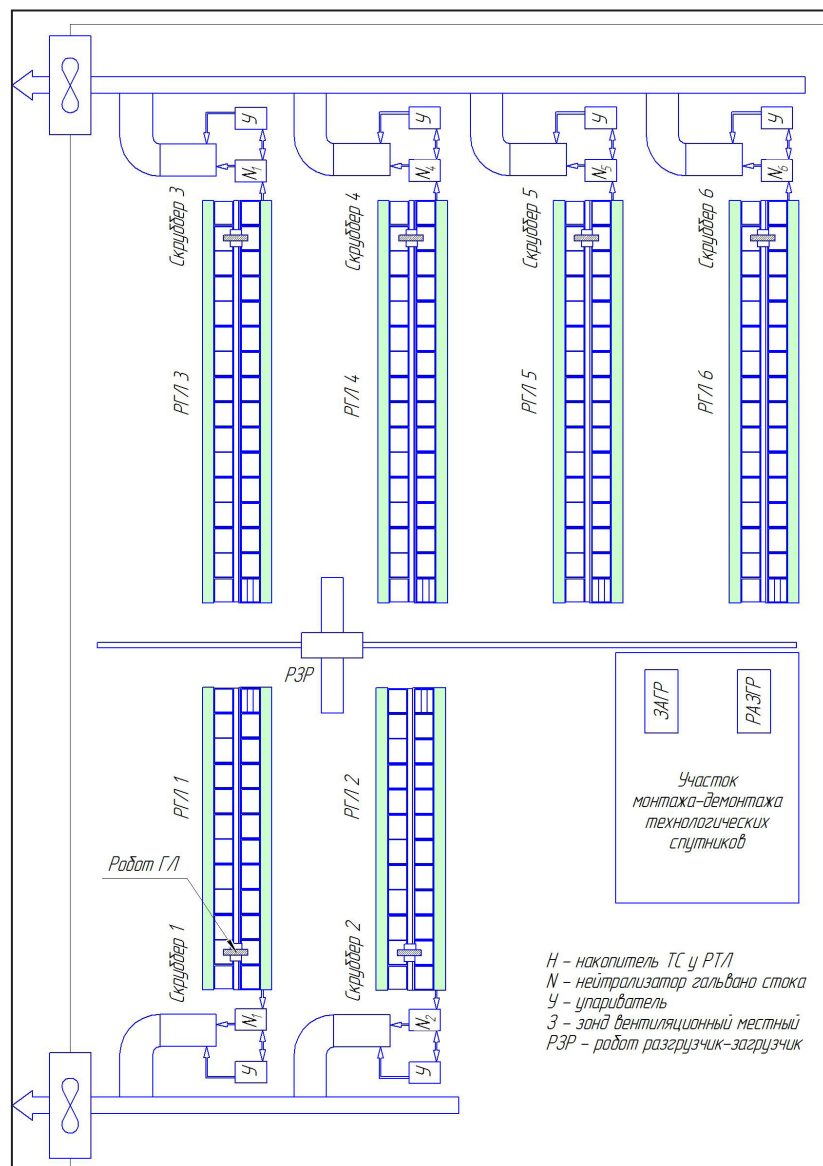


Рис. 3. Цех-автомат на базе РГЛ и экороботов

накопитель. РЗР забирает смонтированный ТС и переносит на позицию требуемой РГЛ, или во входной накопитель, если позиция занята. Позиция разгрузки у всех РГЛ одна. На выходе каждой РГЛ – со стороны противоположной позиции загрузки/разгрузки торца устанавливаются мини очистные установки, состоящие из смесителя-нейтролизатора, упаривателя и скруббера. Скруббер каждой РГЛ с помощью водощелочной завесы нейтрализует отсасываемые бортоотсосами ванн элюаты и осуществляет их переход в жидкую фазу. Ограниченный по объему гальваносток каждой РГЛ поступает в нейтрализатор, после доведение рН до нейтрального значения разделяется на твердую (пульпа) и жидкую фазы.

Жидкая фаза поступает в упариватель, куда периодически поступает и жидкая фаза из скруббера, а также слив от каплесборщика ТР.

Пульпа, полученная на выходе упаривателя, и твердый осадок нейтрализатора периодически выбираются и отправляются на полигон для захоронения. Образующиеся при упаривании пары воды выходят через фильтрующие элементы скруббера в атмосферу.

Таким образом, весь ограниченный гальваносток и элюаты переводятся на выходе цеха в твердый осадок (пульпу).

Как рассматривалось выше, малоотходность РГЛ обеспечивается прежде всего транспортным роботом с дополнительными экологическими функциями.

Экоробот обеспечивает:

- локализацию паров от обрабатываемых в РГЛ деталей;
- экономную промывку деталей, поднятых над ваннами;

– сбор капель и т.д.

Являясь основными средствами автоматизации гальванических линий, ТР контролируют состояния РГЛ и параметры ванн: уровень ванн с помощью ультразвуковых датчиков, фактическое загрязнение промывных ванн с помощью кондуктометров, а также фактическую силу тока в электролитических ваннах, выход из нормы рН и другие параметры.

Для оперативного и комфортного контроля состояния РГЛ используется система речевой подсказки. При возникновении нештатной ситуации ТР прекращает процессы межоперационного транспортирования и выдает сигнал аварии, и на языке заказчика (русский, английский, испанский) осуществляет речевую подсказку, озвучивает необходимую последовательность действий вызванного сигналами к линии дежурного оператора цеха для скорейшего восстановления прерванного автоматического режима работы РГЛ.

7. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Входной поток гальванического цеха – множество подлежащих гальванической обработке деталей. Формируется поток большим количеством независимых источников. Это цехи, специальные производственные участки, мастерские и лаборатории предприятия. Поскольку гальванопокрытие является, как правило, заключительным этапом изготовления деталей, входной поток гальванического производства принято рассматривать как предел дезинтеграции планируемых процессов – Пуассоновский поток. Как показал многолетний опыт автоматизации – наиболее эффективной из известных систем обслуживания Пуассоновского недетерминированного входного потока является так называемая система массового обслуживания (СМО) с величиной загрузки (отношением интенсивности входного потока к интенсивности обслуживания)

$$\frac{\lambda}{\mu} \leq 0,9$$

При этом среднее время прохождения работы представляется как сумма среднего времени ожида-

ния обработки W и технологическая длительность процесса P .

$$F=W+P$$

Поскольку минимизация P форсирует длительность технологических операций, что недопустимо, критерием эффективности рассматриваемой СМО будет W , стремящаяся к минимуму. Параметром СМО, как производственного звена предприятия будет значение F . Транспортный робот, осуществляющий межоперационное транспортирование одновременно обрабатываемых в линии деталей, является оператором СМО. Разработанная нами машинная методика имитационного моделирования позволяет оптимально проектировать как РГЛ, так и цех в целом.

8. МАТЕРИАЛОПОТОКИ И СТРУКТУРА АСУ АВТОМАТИЧЕСКОГО ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО УЧАСТКА (ЦЕХА-АВТОМАТА)

8.1. Общие положения

АСУ участка обеспечивает оптимальное управление работой линии в составе участка с целью достижения максимальной производительности и минимизации простоя оборудования, а также протоколирование всех этапов обработки деталей, с выдачей по запросу как отдельного протокола партии, так и общей статистики каждой линии или всего участка.

Архитектура АСУ обеспечивает возможность наращивания числа линий на участке, реализует концепцию технологической и конструктивной гибкости.

8.2. Построение участка

Линии участка (необходимое количество) расположены параллельно и разделены проходами (рис. 6). РГЛ загружаются и разгружаются с помощью робота-загрузчика/разгрузчика (РЗР), ходовые пути которого расположены перпендикулярно линиям гальванопокрытий и начинаются с позиций загрузки и разгрузки во входном складе. Параллельно ходовым путям РЗР расположены накопители, обеспечивающие временное

хранение технологических спутников (ТС) с подлежащими обработке деталями, если входная позиция требуемой линии гальванопокрытий занята ранее поступившими ТС.

8.3. Перемещение деталей в процессе обработки

Детали, требующие гальванической обработки, поступают из различных цехов в унифицированной транспортной таре. В зоне хранения деталей происходит их перегрузка в ТС (монтаж на подвески, загрузка в барабаны, корзины), которые затем забирает робот-загрузчик РЗР.

Последний переносит их на позиции загрузки требуемой гальванической линии, или на позиции накопителя для временного хранения, а обработанные в линиях детали возвращает на участок монтажа/демонтажа.

8.4. Построение АСУ участка

Управление работой участка осуществляет распределенная децентрализованная система управления. Она состоит из следующих устройств.

1. Компьютера на базе IBM PC, в котором хранится информация о номенклатуре обрабатываемых деталей и маршрутно-операционные карты (МОК) всех техпроцессов каждой гальванической линии. В дальнейшем будем называть этот компьютер номенклатурным (НК).
2. Бортового контроллера (БК) РЗР, который хранит информацию о номере требуемой гальванической линии, о маршруте и технологических режимах для каждого ТС, а также о текущей загрузке каждой линии в реальном времени.

3. Бортовые контроллеры ТР каждой гальванической линии обеспечивают перемещение ТС по ваннам в соответствии с загруженной в БК маршрутно-операционной картой (МОК), включение на требуемую величину тока выпрямителей и клапанов дозированной промывки.
4. Протоколирующего компьютера на базе IBM PC, который собирает данные от датчиков, установленных на процессных ваннах гальванических линий, а также данные от БК ТР о ходе обработки деталей, и на основе этой информации формирует протокол обработки для каждого ТС (каждой партии обработанных деталей).

8.5. Взаимосвязь элементов АСУ

Для обеспечения совместной работы элементы АСУ объединены в сеть передачи данных. Эта сеть построена таким образом, чтобы обеспечивать строго необходимый информационный поток, сопровождающий обработку деталей. Избыточные связи между элементами сети не допускаются. Например, нет необходимости в связи между собой БК ТР различных гальванических линий. Логически сеть представляет собой иерархическую структуру управления. Физически сеть построена на радиомодемах для локальных связей, работающих в не требующем лицензирования диапазоне ISM 2,4 ГГц. Такое решение исключает необходимость прокладки в линиях сигнальных кабелей, что повышает общую надежность системы.

8.6. Функции номенклатурного компьютера

НК хранит информацию (предварительно занесенную технологом) о соответствии номенклатуры обра-

батываемых деталей и процесса требуемой обработки, то есть номер линии, МОК и тип ТС (барабан, подвеска, корзина).

Детали для обработки поступают в унифицированной транспортной таре, снабженной номенклатурным номером и его штрих-кодом. Далее происходит ручная перегрузка (монтаж) деталей из транспортной тары в ТС, который перемещается на стартовую для РЗР позицию. Оператор, считывая штрих-код, вводит в компьютер номенклатурный номер деталей, и добавляет информацию о площади деталей (вычисленную через массу или количество). Компьютер на основе этой информации передает контроллеру РЗР номер линии, номер МОК и величину площади обрабатываемой поверхности, после чего РЗР забирает ТС со стартовой позиции. Дополнительно каждой единице обработки присваивается порядковый номер с начала смены. Этот номер вместе с маршрутом передается сначала в БК РЗР, а от него в БК гальванической линии, и служит для идентификации информации в протоколирующем компьютере (ПК).

НК хранит информацию о загруженных в ТС деталях в течение всего времени обработки – до момента разгрузки. Это необходимо для автоматической идентификации деталей после обработки.

Таким образом, номенклатурный компьютер в процессе работы обменивается данными с контроллером РЗР, и с протоколирующим компьютером.

8.7. Функции контроллера РЗР

Бортовой контроллер (БК) РЗР принимает номер линии, маршрутно-операционную карту (МОК) тех-

процесса и площадь покрытия от номенклатурного компьютера. Далее он определяет возможность сразу перенести единицу обработки на позицию загрузки требуемой линии. Для этого он периодически опрашивает контроллеры каждой линии на предмет занятости позиции загрузки.

Если позиция загрузки свободна, РЗР переносит ТС на позицию загрузки требуемой линии, передает в БК данной линии номер маршрута, площадь деталей и дает команду на обработку данного маршрута в линии.

В случае, если позиция загрузки требуемой линии занята, то РЗР переносит ТС с деталями на позицию накопителя, расположенную напротив от позиции загрузки линии, и ставит его в очередь на обработку.

При наличии в накопителе нескольких ТС различных техпроцессов автодиспетчер РЗР оптимизирует загрузку линий, осуществляя приоритетный запуск из всего множества ожидающих загрузки ТС.

Таким образом, РЗР выполняет функции автодиспетчера для всех линий участка.

Для обеспечения работы своего БК РЗР обменивается данными с контроллерами каждого робота гальванических линий, а также с номенклатурным компьютером. От номенклатурного компьютера он принимает МОКи и площадь обработки, а контроллерам линий передает их в неизменном виде, транслируя МОК в соответствующий БК в момент загрузки ТС. Такая локализация радио связи гарантирует ее абсолютную помехозащищенность.

8.8. Функции БК гальванических линий

БК транспортного робота (ТР) линии хранит в своей памяти МОКи и площади деталей в ТС в течение времени обработки. В соответствии с ними он обеспечивает перемещение барабанов или подвесок по ваннам линии, выдерживает необходимые времена в ваннах и управляет вспомогательным оборудованием: выпрямителями и дозаторами промывки. Контроллер каждой линии может совмещать обработку по разным МОК одновременно до 8 единиц обработки. Дополнительные функции БК – самодиагностика и речевая подсказка восстановления прерванного автоматического режима работы линии.

Кроме этого БК передает информацию о каждом перемещении барабана или подвески протоколирующему компьютеру, снабжая её порядковым номером единицы обработки, присвоенным номенклатурным компьютером. По окончании обработки маршрута он передает РЗР сигнал, требующий освободить позицию выгрузки.

Таким образом, каждый контроллер линии обменивается данными с контроллером погрузочного робота, и с протоколирующим компьютером.

8.9. Функции протоколирующего компьютера

Протоколирующий компьютер в режиме опроса получает информацию от датчиков состояния ванн линии (температуры, плотности, рН, проводимости и др.), а также информацию о фактическом токе от выпрямителей всех линий участка. Эти датчики входят в состав локальных автоматов поддержания параметров и передают данные при помощи радиомодемов.

Также он получает информацию от БК ТР технологических линий о прохождении маршрута – момент занятия процессной ванны ТС и момент освобождения. У номенклатурного компьютера он запрашивает информацию о составе деталей каждого ТС. На основе этих источников информации он формирует протокол обработки каждой единицы с указанием всех её параметров. С помощью часов компьютера происходит привязка протокола к текущему времени работы линии. При накоплении достаточного объема протоколов может вырабатываться статистическая информация по различным критериям выборки.

Протоколирующий компьютер выполняет также функции дополнительного контроля над устройствами локальной автоматики, обеспечивая быстрое устранение аварийных ситуаций. Он хранит в своей памяти диапазоны допустимых значений технологических параметров всех ванн участка, и при выходе параметра из допустимого диапазона сигнализирует об этом. Также он контролирует работу выпрямителей и устройств дозирования. Например, если прервался ток от выпрямителя, или сработал датчик восстановления критического уровня жидкости в ванне, он немедленно сигнализирует об этом. Таким образом, обеспечивается стабильность хода техпроцессов, исключается выход бракованных изделий.

Так как этот компьютер получает непрерывно информацию о прохождении маршрутов, он может использоваться для визуализации состояния каждой линии участка.

Программирование номенклатурного компьютера осуществляет цеховой технолог, который на языке

высокого уровня, т.е. в режиме общения с компьютером вносит с клавиатуры или с флешки в его память маршрутно-операционные карты (МОК) всех реализуемых в линиях участка техпроцессов. Коррекция МОК – также его санкция. Визуализация техпроцессов осуществляется на экране протокольного компьютера, в который стекается вся информация, т.е. данные обработки всех ТС. Выход какого-то процесса или параметра технологической операции из пределов нормы визуализируется приоритетно, прерывая текущую информацию на экране. При этом весь набор фактических параметров обработки каждого ТС протоколируется и визуализируется в интерактивном режиме в формате план/факт.

Базовый набор контролируемых ПК параметров: температура во всех процессных ваннах, ваннах горячей промывки, сушилках; значения рН, выход из нормы уровня растворов, величины тока выпрямителей (фактической и средней за время обработки каждого ТС, значения счётчиков ампер/часов, факта дозирования блескообразующих добавок, дозирование воды на промывных операциях, показания кондуктометров на ваннах промывки, где особо важно соблюдение критерия отмывки (по согласованию с заказчиком). Вся информация передается и обрабатывается только в цифровой форме.

ПК выдает также информацию о фактической загрузке каждой РГЛ и её процессных ваннах, о неиспользованном производственном ресурсе и другие, принятые в настоящее время на вооружение экономические параметры по эффективности работы производства.

Номенклатурный и протокольный компьютеры находятся на территории входного склада, на участке монтажа/демонтажа технологических спутников.

Информация для высшего уровня администрации (начальник цеха) может непрерывно передаваться в обработанном виде на его персональный компьютер.

ЛИТЕРАТУРА

1. Евразийский патент № 015069 от 29.04.2011г., название изобретения: «Автоматическая линия для химических и гальванических покрытий»; патентовладелец: ООО «Научно-производственное предприятие «РОБОТЭК-НН».
2. Справочник «Гибкие автоматизированные гальванические линии» / под ред. В.Л. Зубченко – М.: Машиностроение, 1989.
3. *Виноградов, С.С.* «Организация гальванического производства. Оборудование, расчет, производство, нормирование» / С.С. Виноградов – М.: «Глобус», 2002.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
Список сокращений.....	5
1. Анализ проблемы Экогальваники.....	6
2. Опытная Экогальваника.....	14
3. Обработка ограниченного гальваностока. Анализ затрат.....	22
4. Современная Экогальваника. Техническая реализация	25
4.1. Экоробот.....	25
4.2. Энергосбережение.....	27
4.3. Ноу-Хау.....	29
5. РГЛ как энергозатратная система.....	33
6. Цех-автомат на базе РГЛ и экороботов.....	35
7. Принципы построения автоматического гальванического производства.....	39
8. Материалопотоки и структура АСУ автоматического гальванического участка (цеха-автомата).....	41
8.1. Общие положения.....	41
8.2. Построение участка.....	41
8.3. Перемещение деталей в процессе обработки.....	42
8.4. Построение АСУ участка.....	42
8.5. Взаимосвязь элементов АСУ.....	43
8.6. Функции номенклатурного компьютера.....	43
8.7. Функции контроллера РЗР.....	44
8.8. Функции БК гальванических линий.....	46
8.9. Функции протоколирующего компьютера.....	46
Литература.....	50

ХИТРУН Владимир Николаевич

ЭКОГАЛЬВАНИКА.
МАЛООТХОДНЫЙ ЦЕХ-АВТОМАТ.
Концепция Нижегородского научно-
производственного предприятия
«РОБОТЭК»

Сайт НПП «РОБОТЭК» **www.robotek.nn.ru**
Телефон +7 (831) 463-50-03
Электронная почта **robotek@sandy.ru**

Редактор – Ю.И. Иванова
Корректор – М.О. Миронова

Компьютерная верстка и техн. редактирование –
Ю.И. Лебедевой

Подписано в печать 15.11.2015
Формат 60x84/16. Усл.печ.л. 3,1
Бумага офсетная. Гарнитура PeterburgC

Тираж 150 экз.

Отпечатано в типографии
ЗАО «Нижегородская радиолaborатория»
ИНН 5260946720
г. Н. Новгород, ул. Большая Покровская 60-46
заказ № 106193 от 25.12.2015 г.