

Корпуса для микроэлектроники в Великом Новгороде

Визит в производственное подразделение компании «ТЕСТПРИБОР»

Ю. Ковалевский, В. Мейлицев



В восьмом номере за истекший год мы опубликовали репортаж о посещении двух лабораторий компании «ТЕСТПРИБОР», в одной из которых испытывают электронные компоненты, а в другой – радиоэлектронные приборы и системы на соответствие требованиям электромагнитной совместимости. Но АО «ТЕСТПРИБОР» – компания многопрофильная; в частности, недавно на новой площадке, в Великом Новгороде, начато производство металлостеклянных и металлокерамических корпусов и других видов керамических изделий для электронной и микроэлектронной техники. Завод был запущен в очень короткие по российским меркам сроки, поэтому наш первый вопрос был о том, как он создавался. Отвечал нам Игорь Владимирович Жулин, руководитель обособленного подразделения АО «ТЕСТПРИБОР».

Игорь Владимирович, расскажите, пожалуйста, как строилось и оснащалось предприятие.

И. Жулин. Развитие бизнеса, в том числе производственной базы, в АО «ТЕСТПРИБОР» ведется на постоянной основе, и задачи будущей площадки, перечень

основного оборудования по функциональному назначению были проработаны заранее. Решение строить комплекс в Великом Новгороде было принято в октябре 2017 года. Подобрали здание площадью более 1000 м² с прилегающей территорией, на которой можно было

разместить всю требуемую инженерную инфраструктуру. Уже в конце ноября приступили к проектированию, порученному одной из новгородских проектных организаций, и практически сразу начались строительномонтажные работы.

Здание было отремонтировано и реконструировано под установку технологического оборудования, которое закупалось параллельно с реконструкцией. Всю энергетику пришлось создавать заново: подвели линию электропередачи напряжением 6 кВ, поставили трансформаторную подстанцию мощностью 630 кВА. Также «с нуля» пришлось делать водоснабжение, канализацию, подводить газ для теплогенераторной установки.

Одновременно устанавливалось приходящее от производителей оборудование, на нем велась пусконаладка, и в результате по прошествии года с начала работ мы имеем действующий производственный комплекс.

Что представляет собой ваша продукция?

И. Жулин. В данный момент это прежде всего металлокерамические и металlostеклянные корпуса для микросхем. Второе направление – производство керамических плат; сейчас этот вид продукции уже находит достаточно серьезный спрос. А еще мы освоили изготовление металлизированной объемной керамики – этого у нас в стране до сих пор не делали.

Сегодня наша главная работа – изготовление изделий, которые разрабатывает головное конструкторское бюро в Москве. Начинают приходить заказы от разных производственных предприятий и потребителей.

Мы можем также предложить потребителю услуги по золочению и никелированию. Гальванический участок комплектовался так, чтобы иметь возможность работать полностью автономно. На нем мы добились высоких результатов: например, мало кто в России может наносить золотое покрытие с высоким и стабильным качеством,

а мы даже научились уверенно наносить слой химического золота толщиной до 2 мкм – этого точно никто у нас в стране делать не умеет.

Автономно работать может также участок производства печатных плат. Мы освоили изготовление печатных плат для различных применений из следующих материалов: Al_2O_3 , AlN, BeO, сапфир.



Игорь Жулин

Как вы определяли технологический облик производства, состав оборудования?

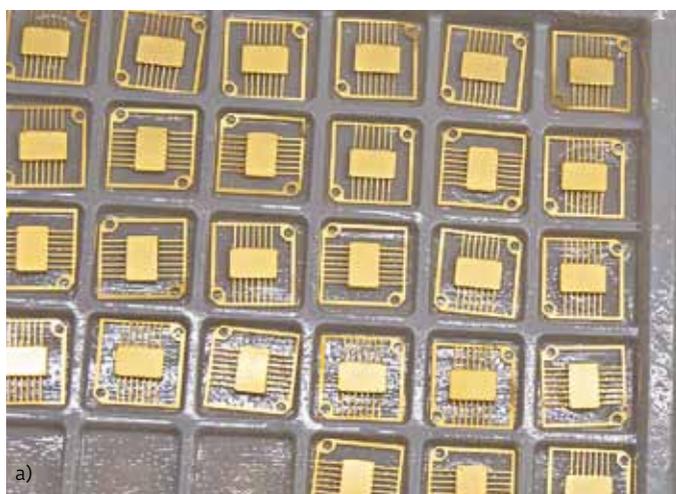
И. Жулин. Мы ориентировались на технологию, принятую у одного из давних партнеров АО «ТЕСТПРИБОР» – корейской компании, выпускающей изделия тех типов, которые собирались производить мы. Эта компания – крупнейшая в Корее, в своем сегменте рынка, она хорошо известна в мире, ее продукция имеет устойчивую положительную репутацию, а технология обеспечивает высокий выход годных, что особенно важно для экономики мелкосерийного производства.

И вы приобрели такое же оборудование, как у корейской компании?

И. Жулин. Мы приобрели оборудование, которое нам рекомендовали наши корейские партнеры. Это то оборудование, которое совместимо с нашими технологическими процессами – как с уже внедренными, так и с теми, которые будут внедряться.



Основные виды продукции: а – металлокерамические корпуса типа КТ; б – металлизированная двухсторонняя керамическая плата-подложка; в – объемная керамика – металлизированные втулки-изоляторы для монтажа штыревых выводов в металлокерамические корпуса (цвет металлизации – более темный)



Золочение: а – пример кооперации: металlostеклянные корпуса микросхем производства гомельского ОАО «Завод-модуль «Коралл» с покрытием никель-золото, нанесенным на производстве АО «ТЕСТПРИБОР»; б – инженер-технолог снимает с оснастки корпуса с нанесенным покрытием

И всё же: хороший выход годных дает любая правильно настроенная технология. Вероятно, у технологии корейской компании были еще какие-то преимущества?

И. Жулин. Главным преимуществом этой технологии является ее гибкость. Внедренная у нас технология обеспечивает быструю переналадку производства и выпуск необходимых в настоящий момент корпусов или другой продукции, а также объемной керамики.

Секрет эффективности корейской компании – не в оборудовании. Секрет в подходе, в методологии. Там множество нюансов. Например, у нас любят всё максимально автоматизировать, выстраивая единообразный технологический процесс, фиксированную последовательность операций. Корейцы же не боятся использовать ручные операции. Это позволяет гибко формировать технологический маршрут, особенно для вновь запускаемых изделий или при выпуске продукции небольшими партиями.

При этом, чтобы не допустить потери качества, связанной с человеческим фактором, очень серьезное внимание уделяется межоперационному контролю. Большое значение придается также входному контролю материалов: их свойства могут отличаться от партии к партии, что требует регулировки режимов технологических установок.

Исходя из вышесказанного, технологическое оборудование подбирается так, чтобы можно было обеспечить необходимый объем и качество продукции при относительно небольших капитальных затратах, несложном и недорогом обслуживании, простоте управления и возможности быстрой переналадки.

Еще одна важная идея, которую мы заимствовали у партнера: не надо стремиться делать всё у себя.

Правильно организованная кооперация, грамотно выстроенная логистика избавляют от расхода времени и сил на подготовку, освоение в производстве; к тому же без особых усилий может быть получен выигрыш в качестве и стоимости продукции.

В целом такая концепция позволяет эффективно производить любые необходимые объемы продукции, и это именно то, что нам требовалось. Кстати, эти подходы было совсем не просто совместить со многими аспектами нашей действительности – выполнить требования нашей нормативно-технической базы, получить качественные и стабильные поставки комплектующих и материалов.

Как вы решали проблему персонала?

И. Жулин. Персонал начали подбирать сразу после принятия решения о строительстве комплекса. В декабре 2017 года были приняты на работу ключевые специалисты: начальник производства и ведущий технолог; в январе 2018-го зачислили инженеров-технологов по каждому из технологических процессов. Эти специалисты в течение двух месяцев проходили стажировку в корейской компании, своими руками изготавливали продукцию, разбирались в тонкостях процессов и нюансах работы технологических установок.

А в октябре 2018 года корейские коллеги приехали к нам и на нашей площадке с нашими специалистами выпустили пробную партию продукции. Сравнение показало идентичность характеристик изделий и качества их исполнения с продукцией, изготовленной в Корее, что стало убедительным подтверждением квалификации сотрудников и правильности технологического процесса.

Кроме того, многие наши специалисты владеют несколькими специальностями. Это позволяет эффективнее

использовать их труд и ресурс рабочего времени – например, при поступлении заказа на выполнение какой-то одной операции подключать к его выполнению работника, чья загрузка на другом процессе в данный момент допускает такую возможность.

Мы считаем, что у нас есть определенное преимущество перед многими другими местными предприятиями: у нас рациональная организация труда, современное оборудование, мы производим высокотехнологичные изделия и поэтому можем показать молодому специалисту, что найти интересную, перспективную работу можно не только где-то за границей или в столицах, но и здесь, в своем родном городе.

Какова ваша текущая загрузка, какие планы на будущее?

И. Жулин. Производство рассчитано на изготовление 150–200 тыс. изделий в месяц. Запустились мы недавно, загрузка постепенно растет, к концу года рассчитываем выйти на плановую цифру. А в данный момент для нас основная задача – ликвидировать пробелы в продуктовой линейке. У нас хороший охват по многовыводным корпусам для микросхем, а вот корпуса для дискретных и силовых компонентов представлены недостаточно. Поэтому в первую очередь запланировано освоение корпусов серий SMD, ТО и КТ. Сейчас активно отрабатываем кооперацию – подбираем поставщиков комплектующих и материалов.

Есть планы и по другим направлениям, видим большие перспективы по рынку объемной керамики, тем более, что у нас в стране этим никто всерьез не занимается. Мы в начале пути, до решения этих задач просто еще не дошли руки, да и потребители пока не

очень знают о наших возможностях.

Вопрос, который, наверное, надо было задать в начале беседы: почему выбрали эту локацию – Великий Новгород?

И. Жулин. В городе есть университет – база для кадрового обеспечения; развитая промышленность – хороший выбор производств для организации кооперации. Недалеко главные центры – Москва и Санкт-Петербург. В целом получается хороший комплекс условий для комфортной и успешной работы.

С оборудованием и тонкостями технологических процессов нас знакомил начальник производства Дмитрий Евгеньевич Яковлев.

Дмитрий Евгеньевич, из каких подразделений состоит производство?

Д. Яковлев. Производство обеспечено всей необходимой инфраструктурой и оборудованием для проведения технологических процессов изготовления металлокерамических и металлостеклянных корпусов, керамических подложек, нанесения металлизации и гальванических покрытий. Исходя из этого организованы производственные участки: входного и общего контроля; сборки с пайкой и обжигом; гальванический участок; химическая лаборатория; чистая зона, где расположен участок сырой керамики и трафаретной печати; участок упаковки.

Участок контроля: а – контроль внешнего вида при помощи микроскопа; б – рентгенофлуоресцентная установка для измерения толщины и чистоты покрытий; в – измерение линейных размеров при помощи системы бесконтактных измерений; г – образцы продукции



Дмитрий Яковлев





Оборудование участка сырой керамики и трафаретной печати: а – на участке установлены два трафаретных принтера и два сушильных шкафа; б – рабочая зона трафаретного принтера

Весь контроль – входной, межоперационный и выходной – проводится на одном участке?

Д. Яковлев. Да, все виды контроля сосредоточены на участке контроля качества. Во-первых, для того чтобы не тиражировать оборудование; во-вторых, осматривая или измеряя изделие после прохождения различных этапов обработки на одном и том же приборе, мы получаем более объективные результаты контроля.

Здесь же, рядом с участком контроля, проводится упаковка готовой продукции. Изделия помещаются в антистатический пакет, туда закладывается порция силикагеля, после откачки воздуха пакет запаивается, наклеивается этикетка – продукция готова к передаче заказчику.

Какие операции вы выполняете с сырой керамикой?

Д. Яковлев. Мы работаем как с высокотемпературной керамикой – оксидом алюминия, нитридом алюминия, оксидом бериллия, так и с низкотемпературной – LTCC, Low Temperature Co-fired Ceramics. Сырье получаем

в виде порошка и в виде ленты. На участке сырой керамики осуществляется резка ленты, сборка стека, пробивка отверстий и другие операции для изготовления многослойных плат. Здесь же производятся операции по нанесению металлизации методом трафаретной печати или магнетронного напыления. Помещение оснащено системой создания микроклимата, которая поддерживает заданные характеристики воздуха: температура 22 ± 2 °C, влажность в пределах 40%. Приточно-вытяжная вентиляция обеспечивает выполнение норм 8 ИСО по запыленности воздуха.

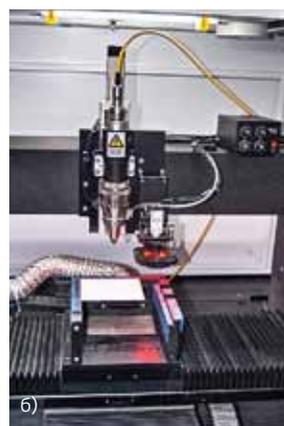
На каком оборудовании формируется геометрия керамических деталей – пазы, отверстия и т. д.?

Д. Яковлев. Основной инструмент для этого – установка лазерной резки. На ней производится обработка как сырой, так и обожженной керамики: резка по топологии, формирование отверстий, окон, пазов, обрезка торцов. Механическая часть установки – гранитная станция, жесткий портал, линейный привод с обратной связью по положению рабочей головки – китайского производства, лазер изготовлен российским НТО «ИРЭ-Полус», одним из мировых лидеров в области волоконных лазеров.

Установка при точности в 1 мкм имеет большое рабочее поле – 400×400 мм, может работать не только с керамикой, но и с металлами. Мы обрабатываем на ней детали из алюминия, меди, делаем оснастку из нержавеющей стали. Проверена

Установка лазерной резки:

а – общий вид; б – рабочая зона



способность резки на глубину 1,5 мм, а больше мы пока не пробовали.

Для резки обожженной керамики используем установку дисковой резки. Она также обеспечивает точность до 1 мкм по осям X, Y; толщина алмазного диска определяется требованиями технической документации заказчика.

Что представляют собой сборочные операции?

Д. Яковлев. Задача сборки – соединить в оснастке металлические и неметаллические части изделия (керамические либо стеклянные) и затем скрепить их: пайкой – для металлокерамических корпусов или остекловыванием – для металлостеклянных.

Для примера можно взять задачу установки штыревых выводов в керамический корпус. Сборка производится в групповой графитовой оснастке. На выводы надеваются металлизированные керамические втулки – вы уже их видели, – изолирующие выводы от стенок корпуса. На паяемых поверхностях размещаются преформы припоя – фактически, фольга из припоя, сформованная необходимым образом. После этого партия изделий отправляется в печь на пайку.

В другом варианте вывод изолируется стеклом. В процессе сборки на него надевается стеклянная «бусина»; до термообработки вывод фиксируется в нужном положении



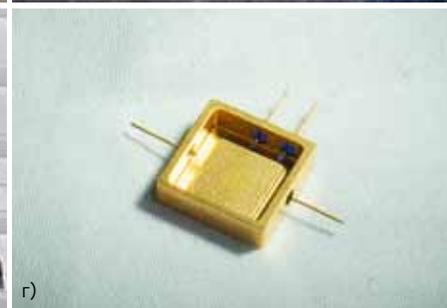
а)



б)



в)



г)

Сборка металлостеклянного корпуса со штыревыми выводами:

а – процесс установки выводов в отверстия корпуса; б – крупным планом: выводы, изоляторы, групповая оснастка; в – корпуса до установки выводов (слева) и после пайки; г – готовое изделие с нанесенным покрытием Ni-Au

оснасткой, а после расплавления и затвердевания «бусина» обеспечивает электрическую изоляцию и механическое крепление вывода в корпусе.

На участке установлены две конвейерные печи, осуществляющие пайку в среде азота, водорода или смеси этих газов. Газы должны иметь очень высокую степень чистоты, не хуже 99,9995%, так как от этого зависит качество получаемого соединения.

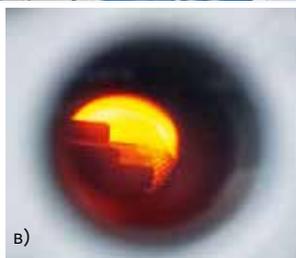


а)



б)

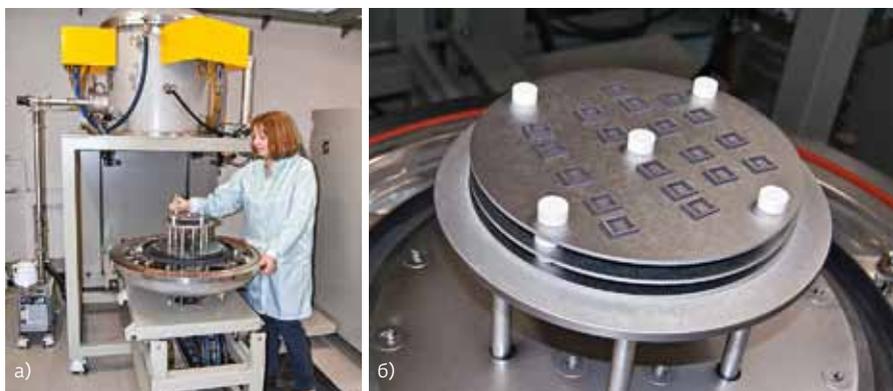
Конвейерные печи: а – вид со стороны зоны нагрева. Слева – более высокотемпературная печь для работы с металлостеклянными изделиями; б – зона охлаждения. Слева – чиллер системы охлаждения печей, у правой стены – шкафы управления; в – глазок для наблюдения за процессом в печи; г – генератор азота



в)



г)



Камерная печь: а – разгрузка. Донная часть печи отсоединена от рабочей камеры (вверху на заднем плане); б – металлокерамические основания корпуса после обжига

Управление режимами работы печи осуществляется автоматикой. Для пайки керамических изделий требуется водородная среда и температура 800–850 °С, оплавление стекла производится в среде азота при температуре 1000 °С. Продолжительность процесса зависит от конструкции изделия и материалов, из которых оно изготовлено, вида припоя, массы оснастки; в среднем она составляет 1,5 ч.

Где производится обжиг керамики?

Д. Яковлев. Обжиг керамики, спекание многослойных структур и вжигание проводящей пасты производятся в камерной печи. Здесь также используются азот, водород и их смесь, плюс к этому требуется увлажнение газовой среды. Процесс в этой печи значительно сложнее, чем в конвейерной, поскольку газы используются не по отдельности, а вместе, их соотношение должно меняться во времени, причем контролировать надо не только текущее значение этого соотношения, но и скорость его изменения. Температура в печи может достигать 1700 °С, длительность цикла, как и в случае пайки, зависит от конкретного типа изделий и составляет в среднем 20 ч для обжига и 15 ч для вжигания металлизации.

Необходимость применения для этих процессов именно камерной печи обусловлена двумя факторами. Во-первых, в ней обеспечивается более стабильный температурный режим и почти идеально одинаковое значение температуры во всем объеме рабочей камеры. Во-вторых, суть проходящих в камере процессов состоит в выжигании из керамики и пасты пластификаторов, связующих и других веществ, которые активно загрязняют рабочую зону. Конструкция камерной

печи позволяет своевременно удалять их, после чего они дожигаются вместе с отработанными газами.

Дополнительно имеется вакуумная печь, способная развивать температуру до 1200 °С в вакууме или в среде инертного газа – азота, аргона. Мы используем ее для пайки, для опытных и экспериментальных работ, для освоения редких припойных сплавов, таких как золото-оловянный припой – у него невысокая температура плавления, порядка 350 °С, но зато требуется очень точное ее поддержание. Вакуум на уровне 10^{-5} мм рт. ст. обеспечивает высокую степень чистоты процессов.

Здесь же, на участке, располагается еще одна печь – система туннельного типа, функционально относящаяся к участку контроля, поскольку она предназначена для проверки качества гальванического покрытия, отсутствия образования дефектов при нагреве, как правило, до 300–400 °С. Конкретные условия испытаний определяются требованиями заказчика и нормативными документами.

Туннельная печь используется на финальном этапе процесса нанесения покрытия. Наверное, пора посмотреть, с чего он начинается?

Д. Яковлев. На участке гальваники мы наносим никелевое и никель-золотое покрытия как гальваническим, так и химическим способом. Процесс начинается с размещения деталей на оснастке. Для каждого вида изделия предназначена своя модель оснастки, и главное, что от нее требуется – покрытие должно наноситься на все



Вакуумная печь: а – общий вид; б – загрузочное устройство с оснасткой и изделиями



Туннельная печь для контроля качества нанесения гальванических покрытий

поверхности, во все полости равномерно, без дефектов: точек, царапин, рытвин, каналов. У нас спроектирована своя оснастка под нашу гальванику; при всей кажущейся простоте отработка ее конструкции далась нелегко.

И как же удается избежать дефекта в пятне контакта изделия с оснасткой?

Д. Яковлев. Такие проблемы существуют, но нам удается справляться с ними благодаря правильно спроектированному участку гальваники, грамотному технологическому процессу, качественной оснастке и технологической дисциплине.

Как организован гальванический участок?

Д. Яковлев. Технологический цикл гальванического покрытия сложен, для его реализации, начиная от очистки, промывки и заканчивая финишными операциями, система включает порядка 40 ванн. Все оборудование участка произведено отечественной компанией – нижегородским ОАО АБАИР. Оно объединено в три линии. Первая из них, самая большая, служит для подготовки поверхностей к никелированию, вторая – для золочения, третья – для снятия покрытий. Покрытия снимаются в целях возвращения в технологический цикл драгметаллов, которые были нанесены на бракованные изделия или осели на оснастке. Для восстановления золота из раствора мы пользуемся услугами предприятий-партнеров.

Линии сделаны очень качественно, почти вся конструкция выполнена из пластика: в линии никелирования использован полипропилен, в линии золочения – еще более инертный фторопласт. Для оборудования, работающего с агрессивными средами, это важно. В целом же сделано все возможное, чтобы нанесенное покрытие имело хорошую прочность, адгезию и равномерную толщину. Особое внимание, естественно, обращаем на золото: если точность источников тока в линии никелирования



Участок гальваники: справа – линия никелирования, слева на заднем плане – линия золочения

измеряется десятными долями ампера, то в линии золочения – сотыми. Добавляя к этому «обратную связь» – проверку толщины на рентгенофлуоресцентном толщиномере участка контроля, – мы настраиваем процесс так, что разброс толщины покрытия не выходит за пределы 1–2%.

Стоит отметить, что точное выдерживание толщины – вопрос не только соответствия требованиям КД, но и экономии драгоценных металлов. Той же цели служит душевая отмывка изделий как после нанесения, так и после снятия золотого покрытия – всё до последней капли попадает в ванну, из которой потом уйдет на восстановление.



Инженер-технолог производит визуальный контроль корпусов с нанесенным покрытием

В вашей технологии используется деионизованная вода?

Д. Яковлев. Для приготовления электролитов, а также для финальной промывки мы используем воду высокой очистки, ее удельное сопротивление составляет 18 МОм·см, что соответствует чистоте 99,99999%. Оборудование для водоподготовки поставила нам также компания АБАИР, из него построена двухступенчатая система. Первая ступень находится в подвале этого здания, там вода очищается до удельного сопротивления 5 МОм·см. Улучшать этот показатель не имеет смысла, так как между первой ступенью и участком гальваники – 30 м труб, в которых вода все равно больше или меньше загрязнится. Вторая ступень дает уже максимальный уровень очистки; она расположена в помещении участка, и вода из нее сразу попадет в ванны.



Оснастка с готовой продукцией

А как у вас с охраной труда на вредном производстве?

Д. Яковлев. На участке несколько систем вентиляции. Самая серьезная – над травильной ванной. Мы проводим травление для активации поверхности после очистки, непосредственно перед нанесением никеля. В травильной ванне работает очень агрессивный раствор, и для обезвреживания собираемых паров в системе вентиляции ее отсека установлены волокнистые фильтры, орошаемые специальными нейтрализующими растворами.

И, конечно, очистка стоков. Их состав мы раз в месяц проверяем с использованием целого ряда методик, доказавших свою эффективность: рентгенофлуорографический анализ, спектрофотометрия, титрование... Это достаточно трудоемкие занятия, так же как и обслуживание очистной системы, в которой, округленно, на 20 м³ технических сливов получается 20 кг твердых осадков. Как бы то ни было, наши стоки соответствуют требованиям нормативных документов городского округа Великий Новгород.

Отработка процесса покрытия нового изделия проводится на этих же линиях?

Д. Яковлев. Для этого у нас есть еще один участок, мы называем его «малой гальваникой». Малая – потому что эта линия работает с небольшими объемами растворов, но здесь проводятся все те же процессы, что и на «большой» линии.

Используется «малая гальваника» для отработки новых процессов или подстройки технологии под новое изделие. Это позволяет не останавливать основной участок гальваники ради таких задач. Кроме того, эта линия служит в качестве дополнительного ресурса производства для заказчика. Здесь удобно обрабатывать небольшие,



Участок «малой гальваники»: а – линия нанесения покрытий; б – система водоподготовки. Слева на столе можно видеть дистиллятор; в – химическая лаборатория

в несколько сотен изделий, партии; запускать изделия, требующие нестандартного покрытия и, соответственно, другого состава электролитов – менять их в ваннах основных линий слишком накладно.

В «малой гальванике» имеется своя система водоподготовки, можно автономно запустить ее, провести необходимый процесс и выключить. Она похожа на основную систему, но имеет меньшую мощность. Также на участке «малой гальваники» имеется дистиллятор, так как для выполняемых ею задач иногда требуется дистиллированная вода, которая несколько отличается по составу и свойствам от деионизованной.

В этом же помещении располагается химическая лаборатория, в которой проводится анализ электролитов и контролируется выполнение требований по очистке сточных вод.

Организация малой гальванической линии стала очень удачным решением, позволившим значительно повысить гибкость производства на таком ресурсоемком участке, как нанесение гальванических покрытий.

Спасибо за интересный рассказ.