

## РЕПОРТАЖ С ПРОИЗВОДСТВА

# ДОРОГА В БУДУЩЕЕ

## НАЧИНАЕТСЯ С ПЕРВОГО ШАГА

Визит на Донской  
завод радиодеталей

Текст: Владимир Мейлицев  
Илья Шахнович

”

Донской завод радиодеталей (ДЗРД) — одно из ведущих предприятий отечественной электронной промышленности, которое специализируется на выпуске керамических изделий для электротехники и электроники из вакуумплотной керамики: металлокерамических корпусов для микросхем, микросборок, мощных транзисторов. Построенный в первой половине 1960-х годов, он воплотил в себе общий организационный подход, сложившийся еще в период индустриализации страны — всем необходимым завод должен обеспечивать себя сам. Таким он остается и сегодня. Это огромное предприятие, в ведении которого находятся все технологические и обслуживающие мощности: от станков по производству целевой продукции до установок водоподготовки, очистных сооружений и электроподстанций.

До недавнего времени номенклатура изделий была в основном унаследованной от советского периода, да и способность производства устойчиво выдавать продукцию постоянно высокого качества оставляла желать лучшего. Но в 2011 году ситуация стала быстро меняться. Сменилось руководство, начался процесс модернизации. В частности, на предприятии появилось новое технологическое оборудование для производства сырой керамической ленты и обработки сырых карт словенской компании KEKO Equipment. Это стало одним из первых крупных шагов энергичной и многоплановой модернизации всего предприятия.

Насколько эффективно оборудование KEKO в условиях реального производства? Каковы цели и планы модернизации, какие задачи стоят перед ДЗРД? С этими вопросами мы приехали в г. Донской Тульской области. Нас встречают генеральный директор Алексей Алексеевич Паньков и директор по развитию производства и новой технике Фазол Канифуллович Насибуллин.

**Алексей Алексеевич, ДЗРД — огромный завод, оснащенный еще в советские времена. Модернизация такого предприятия — сложнейшая задача. С чего вы начали?**

**А. Паньков:** Действительно, предприятие очень велико — общая площадь территории составляет 18 га, площадь производственных помещений — почти 97 тыс. кв. м. Своя электрическая подстанция на 110 кВ, она самая большая в городе. Там установлены два трансформатора по 20 тыс. кВт — один работает, второй в резерве. Причем подстанция включена в единую систему РАО ЕС России, так что мы не боимся обрыва сети. Мощности с избытком, мы можем давать ее сторонним потребителям и даем, когда просят. Вода поступает из принадлежащих предприятию артезианских скважин на Васильевском водозаборе. Есть собственные очистные сооружения. Собственная котельная для теплоснабжения. Азот, водород, сжатый воздух — собственного производства. В плане ресурсов производственный комплекс практически самодостаточен.

Однако оборудование, на котором до последних лет работало предприятие, создавалось фактически в 60-х годах прошлого столетия. Это были отечественные тех-



А. Паньков

нологии, предназначенные для работы на отечественном сырье, к сожалению, с невысоким качеством, с очень низким выходом годных изделий. В массовом производстве комплектованных в те годы это было обычным явлением, мириться с которым позволяла разве что закрытость экономической системы государства. Но сегодня, в условиях открытого рынка, нельзя быть конкурентоспособным, имея выход годных менее 50 %. Необходимо было добиться стабильного высокого качества продукции. Это и стало первейшей задачей предпринятого нами переоснащения, проводимого совместно с нашими партнерами, среди которых одним из важнейших стала инжиниринговая компания ООО «Остек-ЭК». Надо было переходить к применению новых качественных материалов и современного высокоточного оборудования, чтобы обеспечить снижение себестоимости, расширение рынков сбыта, увеличение объема выпуска, освоение современных изделий — все то, что дает предприятию устойчивое положение на рынке и перспективу дальнейшего роста.

### Как вы планировали работу по обновлению предприятия?

Конечно, в мире существуют компании, способные спроектировать, построить и оснастить завод «под ключ». В нашей области — в производстве керамических комплектованных для электронной промышленности — полноценно сделать такую работу может только одна фирма — японская KYOCERA Corporation. В 70-х годах прошлого столетия при ее непосредственном участии в СССР был построен завод полупроводниковых приборов в Йошкар-Оле. К сожалению, сегодня мы не располагаем объемом средств, который необходим для столь масштабного начинания. Поэтому модернизация предприятия была спланирована как ряд последовательных действий.

Сначала был проведен анализ узких мест, за ним последовала оценка эффективности вложения средств. И после этого, в первые два года реконструкции производства, были нанесены, можно сказать, точечные удары по самым критичным участкам технологической цепочки и инженерной инфраструктуры.

Сначала был проведен анализ узких мест, за ним последовала оценка эффективности вложения средств. И после этого, в первые два года реконструкции производства, были нанесены, можно сказать, точечные удары по самым критичным участкам технологической цепочки и инженерной инфраструктуры.

Хорошим примером здесь может служить азотная станция. В летние месяцы старая установка, в которой азот получался в результате сжижения воздуха, могла просто встать, причем не на часы, а на недели. Остановка азотной станции — это полная потеря объема производства, так как печи обжига не могут работать без азота. Станция стала первым крупным объектом, который был заменен. Мы поставили современную установку мембранного типа, и проблемы с азотом исчезли.

Следующая важнейшая позиция — трафаретная печать. От нее зависит не только качество всех выпускаемых изделий, но и сама возможность их выпуска, если говорить

о новых конструкциях корпусов и подложек, необходимых тем нашим заказчикам, которые производят сложные, миниатюрные, плотно скомпонованные электронные компоненты и устройства. Для решения этой задачи пришлось приобретать не только современные трафаретные принтеры, но и новую технологию изготовления трафаретов. В результате сегодня мы можем делать проводящие дорожки шириной 150 и даже 100 мкм, то есть устанавливать элементы с шагом выводов до 0,2 мм.

Уже эти две позиции, азотная станция и трафаретная печать, позволили достаточно серьезно повысить качество выпускаемых изделий. После этого были приобретены линия для литья керамической ленты, пробивные машины и целый ряд других технологических установок. Проведены работы по реконструкции помещений и оптимизации использования площадей. Они будут продолжены и в дальнейшем.

Подчеркну, результаты не заставили себя ждать. В 2014 году объемы выпуска продукции превысили миллиард рублей — это примерно 6 млн изделий при номенклатуре в 60 наименований. Причем сегодня на предприятии работает чуть более 700 человек — в десять раз меньше, чем в советские времена.

### Подробнее о ходе модернизации нам рассказал директор по развитию производства и новой технике Фазол Канифуллович Насибуллин.

**Ф. Насибуллин:** Предприятие модернизировалось на протяжении всей истории его существования. Качественные показатели производства постоянно улучшались. К началу 1990-х годов нам удалось почти в 70 раз снизить трудоемкость изготовления металлокерамических корпусов массовых типов по сравнению с моментом постановки их в серию, увеличить выход годных более чем в 11 раз, снизить отпускную цену более чем в 10 раз. По объему производства рекордным стал 1990 год, когда только корпусов мы произвели около 72 млн штук более чем 100 типов — а ведь у нас была (и остается) другая продукция. Мощности же предприятия в то время позволяли производить до 100 млн корпусов, а в планах было увеличение их до 200 млн.

Но тут все и остановилось. В 1994 году уровень производства продукции военного назначения — а ведь она для нас была основной — составлял уже чуть более 1,5 % по сравнению с 1990-м. Положение начало выправляться сравнительно недавно, но и сегодня объем и номенклатура заказываемых нам изделий далеко не достигли тех значений. Годовой выпуск сейчас составляет примерно 6 млн корпусов при номенклатуре 45–50 наименований. Из них порядка 30 — изделия прежних типов, которые, в принципе, могут изготавливаться на старом оборудовании по старым технологиям. Од-



Ф. Насибуллин

нако пока эти «старые» изделия кормят завод, поэтому одна из двух главных задач модернизации — снизить их себестоимость, улучшить качество и повысить стабильность процесса их производства.

Те 15–20 позиций новой продукции, которые мы освоили в последние 15 лет, составляют порядка 30 % в объеме производства в денежном исчислении. Конечно, это наша перспектива на будущее. Отсюда — вторая главная задача модернизации: разработка новых конструкций и оснащение цехов необходимым для их изготовления оборудованием.

Начиная с 2000 года, мы очень хотели заняться выводом технологической базы на новый уровень, готовились, изучали, много ездили, со многими встречались. Но реально приступить к модернизации смогли только четыре года назад. Причина — прежде всего, финансы. Никто не хотел выделять инвестиции на модернизацию производства в целом, да и под конкретные проекты тоже. Это извечная проблема таких предприятий, как ДЗРД. Деньги более или менее охотно дают под готовый, «видимый» продукт, а изготовление корпусов — это же низший уровень кооперации: даже не компоненты, а комплектующие для них. Такие производители не попадают в целевые программы, их не понимают в кредитных организациях.

Поэтому средства на модернизацию нам было взять неоткуда, кроме как из прибыли. Снижали издержки, экономили на повышении заработной платы. Но было понятно, что иначе нельзя, если не хотим просто потерять завод из-за неизбежного падения спроса на продукцию.

Вторым важнейшим фактором начала практических и очень интенсивных действий по переоснащению, реконструкции предприятия стал приход нового генерального директора. Его роль трудно переоценить — это не просто активное участие, а порой прямое давление, направленное на поиск и внедрение нового оборудования и технологий. Алексей Алексеевич оценивает и затем активно продвигает все намеченные изменения. Если вопрос для него неясен, он разбирается, предлагает идеи — и они срабатывают. Не будет преувеличением сказать, что без него столь масштабной и энергичной модернизации просто бы не было.

Наконец, большую помощь нам оказала компания «Остек-ЭК», с которой мы поддерживаем самые тесные связи. Со специалистами этой фирмы мы обсуждаем не только вопросы приобретения и эксплуатации оборудования, но и конструкцию изделий. Ведь технологии и оборудование должны быть оптимально подобраны именно под конкретный класс задач.

### Как вы определяли основные направления модернизации?

В России нет НИИ, которые вели бы комплексные разработки технологий и оборудования на современном уровне, поэтому приходится ориентироваться на мировых лидеров отрасли. Мы знаем, что лучший в мире производитель металлокерамических корпусов — японская фирма KYOCERA. Кстати, ей, как и ДЗРД, 50 с небольшим лет. В советские времена мы с ними двигались параллельно, с отставанием на 3–4 года, но в 1990-е разрыв достиг 20 лет. Мы побывали на KYOCERA, увидели, что и как они делают. Японцы используют великолепное, высокотехнологичное, дающее стабильные результаты оборудование. У них высочайшего качества материалы, идеальная чистота производственных помещений, жесткие требования к технологической дисциплине. Основной объем инвестиций, порядка 70 %, они вкладывают на начальном этапе создания предприятия. Их принцип — получить 98 % годных сразу, с момента запуска серии. Кардинальное противоречие с традиционным отечественным подходом: сначала сделать что-нибудь, а потом, если получится, доводить выход годных до более или менее приемлемого значения.

Также давние устойчивые отношения у нас сложились с КЕКО, с другими производителями оборудования по нашему профилю. Очень помогла информация, полученная в поездках в Японию, Китай. Надо сказать,

в Китае аналогичным бизнесом занимаются очень серьезные фирмы с государственным участием, у которых можно многому научиться по части быстрого внедрения и освоения новых технологий, оборудования, конструкций.

В первую очередь, мы сосредоточились на замене оборудования в критических позициях инфраструктуры завода и на особо важных технологических процессах, определяющих наши возможности по быстрой разработке продукции современного уровня и освоению ее устойчивого выпуска.

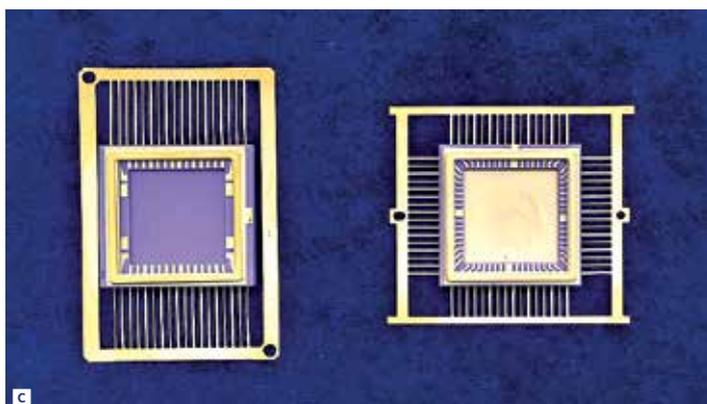
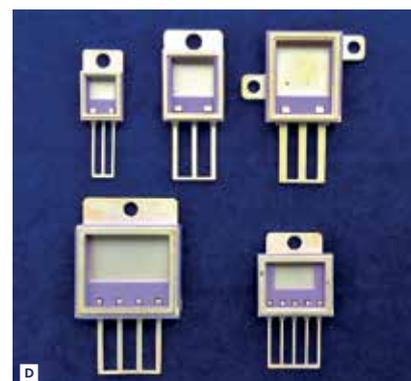
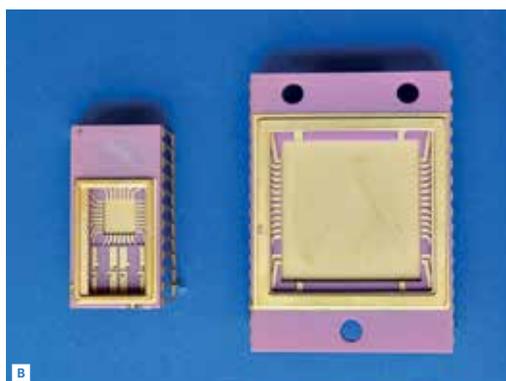
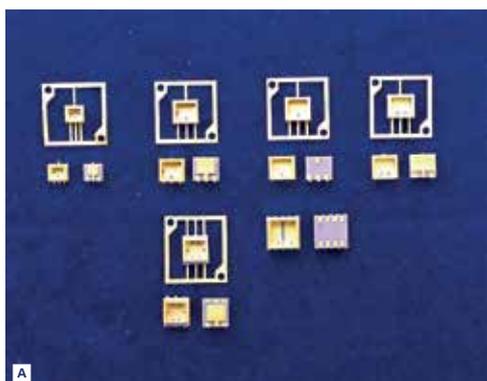
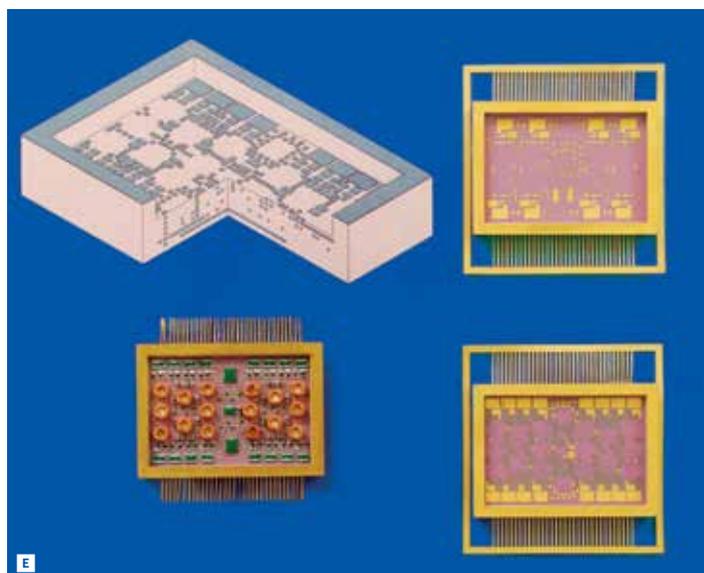
### Какие корпуса сегодня производит предприятие?

Мы производим широкий спектр корпусов — как традиционных, очень простых, так и уникальных. Мы освоили около 160 наименований корпусов для микросхем (керамические, металлокерамические и стеклокерамические корпуса 2 и 4 типов с числом выводов от 8 до 42), около 20 типов металлокерамических корпусов для дискрет-

Некоторые типы металлокерамических корпусов, выпускаемых ДЗРД: **A** – микрокорпуса. Габаритный размер наименьшего (тип КТ-98-1 или SOT-23) – 3,4 × 3,1 мм; **B** – корпуса типа DIP (2-й тип по ГОСТ 17467-88); **C** – корпуса типа CFP (4-й тип по ГОСТ 17467-88); **D** – корпуса силовых полупроводниковых приборов; **E** – корпуса для сборки и герметизации микросборок; **F** – основания для охлаждаемых матричных фоточувствительных приборов с зарядовой связью (ФПЗС), характерная особенность – очень глубокий колодец

ных полупроводниковых приборов (диодов, транзисторов, тиристоров).

Отмечу, что мы занимаемся не только производством, но и разработкой корпусов. Заказчики обращаются к нам за разработкой корпусов для вновь создаваемых электронных компонентов. Конечно, мы и сами постоянно изучаем тенденции рынка. Например, осваиваем микрокорпуса размером 4×4, 3×3, 2×2 мм. Да, это несложные изделия, но они пользуются хорошим спросом, так как многие производители компонентов хотят заменить пластмассовые корпуса для своих из-



делий на металлокерамические. Стремление применять элементную базу высокой надежности — это тенденция, порой такие компоненты используются даже там, где не нужны столь высокие характеристики.

Транзисторные корпуса у нас охотно покупают во многом благодаря тому, что мы применили нестандартное конструктивное решение, позволяющее потребителям использовать их, не меняя технологию монтажа. Для нас это привело к некоторому перерасходу материалов, но в целом оказалось очень удачным маркетинговым ходом. То же самое произошло с корпусами типов ТО-220 и ТО-254. Мы наладили их выпуск в расчете на замену пластмассовых корпусов и опять, что называется, «попали в десятку».

В то же время мы разрабатываем и производим поистине уникальные изделия. Подчеркну, это стало возможным благодаря внедрению новых технологий и, прежде всего — технологической линейки КЕКО. Например, нам удалось в короткий срок освоить очень сложное изделие — 18 слоев керамической пленки, между слоями — переходные отверстия с металлизацией. У этого корпуса очень глубокий колодец, по нашей старой технологии мы просто не смогли бы такой сделать. Аналогичную конструкцию сделали совсем недавно на предприятии KYOCERA. К нам приезжали их специалисты, они даже удивились, похвалили: «Молодцы, быстро вы справились».

Оборудование компании КЕКО позволяет освоить любую конструкцию, в том числе корпуса с матричным расположением выводов. Для нас сейчас не составляет труда начать производство линейки от 100- до 400-выводных корпусов. Пока мы за это не беремся, но планируем в 2016 году полностью отработать эту технологию. Параллельно будем начинать освоение более сложных корпусов. Правда, дело тут не только в наших возможностях — еще нужен заказчик, который придет к нам за такими корпусами.

Пока же мы поставили на поток продукцию, находящую спрос сегодня. Например, микрокорпуса для поверхностного монтажа. Освоена вся серия, и мы не имеем ни одного сообщения об отказах у потребителя. Будем вводить в серию микрокорпус размером 1,5×1,5 мм. Потребитель еще не готов использовать эти корпуса, а мы уже готовы их делать.

Можно долго разговаривать о производстве и новых технологиях, но лучше всего их увидеть. Технологию и оборудование нам показывают Ф. К. Насибуллин и главный специалист отдела тонкопленочных и гибридных технологий ООО «Остек-ЭК» Виктор Алексеевич Черных. Знакомство с производством мы начали, как и полагается, с начала — с участка массозаготовки.

**Ф. Насибуллин:** ДЗРД — это предприятие полного цикла. На вход поступает сырье — глинозем и присадки, на выходе — готовые изделия. Основной исходный

материал — глинозем ( $Al_2O_3$ ), самый обычный, который используется в алюминиевой промышленности. Его в исходном материале 92–94 %, остальное добавки: кварцевый песок, углекислый марганец и хром. Наш завод с самого начала был ориентирован на использование массового отечественного материала. К сожалению, он недостаточно чистый для производства керамики для электронной промышленности. У этого глинозема довольно большой разброс параметров, так что у нас были трудности с качеством нашей керамики. К слову, аналогичное предприятие, завод полупроводниковых приборов в Йошкар-Оле, изначально строился в расчете на использование высокочистых импортных материалов.

Глинозем и добавки смешиваются с водой в барабанных мельницах при помощи шаров, затем смесь обезвоживается в распылительных сушилках (огромные многометровые сооружения). Получившийся порошок спекается при температуре 1480–1500°C — компоненты порошка соединяются с переходом глинозема в стабильную альфа-форму, которая определяет структуру керамического материала. Раньше для спекания мы использовали восемь туннельных шахтных печей, сейчас работает только одна, да и то нечасто. Дальше эта масса снова подается в барабанную мельницу, где получается уже керамический порошок. Частицы порошка имеют разный размер, мы делим их на три группы, примерно 15–20, 10 и 1–2 мкм, каждая из которых становится сырьем для определенных типов изделий.

Наиболее крупнозернистые порошки используются для изготовления электроизоляторов методом прессования — мы до сих пор делаем около 500 типов изоляторов диаметром от 0,8 до 350 мм из вакуумплотной керамики, керамические изоляторы для автомобильных свечей зажигания, керамические носители катализаторов и т. д. Порошок смешивается со связующим, полученная масса прессуется в готовое изделие. Порошки с размером частицы 10 мкм применяются для другой технологии, где связующим является парафин. Смесь разогревается до 60° и далее методом литья в форму изготавливаются достаточно сложные керамические изделия.

Самые мелкодисперсные порошки служат основой для изготовления керамической ленты, из которой по технологии высокотемпературной совместно спекаемой керамики (НТСС) производится основная наша продукция — металлокерамические корпуса и подложки для гибридных интегральных схем и микросборок. Порошок в мельнице смешивается со связкой, основной компонент которой — поливинилбутираль, растворенный в спирте; добавляются остальные компоненты: дибутилфталат, трихлорэтилен и поверхностно-активное вещество синтаמיד-5. Из образовавшейся сметанообразной массы при помощи вакуумирования удаляются газы — так получается шликер, материал для литья керамической ленты.



Оборудование для приготовления шликера: барабанная мельница (слева); печь для синтеза керамического материала путем спекания порошка из смеси глинозема с добавками (справа)



Отмечу, что такого производства по полному циклу нет ни на одном предприятии в стране. В этом смысле мы уникальны, и не из-за наличия оборудования, а потому что наши специалисты владеют технологией, имеют богатый опыт и огромную практику. Однако есть и другая сторона вопроса. Печи, мельницы, сушила — очень энергозатратные установки. Поддерживать их с учетом сравнительно небольшого количества материала, который нам нужен, очевидно неэффективно. Поэтому мы хотим перейти на более современную технологию, позволяющую сразу получать керамический порошок из исходных материалов. Один из вариантов, к которому мы присматриваемся, реализован в 1980-е годы в Йошкар-Оле. Там используются компоненты сырья более высокой очистки, несколько иного состава, из которых

порошок для керамики получается в мельнице за один проход. Цикл массозаготовки сокращается, но все равно требуются мельницы и распылительные сушила.

Поэтому на недавно организованном лабораторно-опытном участке мы изучаем и отрабатываем новую для нас технологию массозаготовки, в которой материал получается сразу в виде шликера. Мы закупили линию немецкой компании NETZSCH, ее центральный агрегат — бисерная мельница, в которую загружаются все компоненты сырья. Линия работает на импортном глиноземе, зато на выходе сразу получается шликер. Процесс длится несколько часов — на старом оборудовании цикл подготовки материала для отливки ленты занимал обычно 10–15 дней, иногда до месяца. Площадь участка в десятки раз меньше, чем та, которую занимает старая массозаготовка, энергопотребление также снижено кардинально. Конечно, новый участок не способен закрыть наши потребности, но в то же время нельзя называть его чисто экспериментальным, на нем можно получать практически значимые объемы шликера. Уже изготовлена первая партия изделий, и испытания показали, что в части качества они как минимум не уступают корпусам, производимым на нашем серийном оборудовании.



Опытный участок приготовления шликера с оборудованием компании NETZSCH

### **Шликер — это только исходный материал для последующего производства?**

Шликер поступает на участок литья керамической ленты. Здесь используются пять технологических линеек, из них четыре — отечественные, на них до сих пор выпускается 80 % объема продукции. Пятая линия — серии САМ от компании КЕКО. Она более удобна, чем наши старые линии. Все параметры ленты и процесса



Оборудование для литья керамической ленты компании КЕКО: **A** – линия САМ-Н; **B** – выходной модуль линии, в котором осуществляется контроль толщины ленты и резка ее на полосы заданной ширины; в левом верхнем углу на горизонтальной направляющей видны два маркера, отмечающие участки ленты, выходящие за пределы допуска; **C** – укладчик керамических листов SC-25MFPT; **D** – карты из сырой керамики, изготовленные на оборудовании КЕКО

ее изготовления регулируются и автоматически поддерживаются, лента получается более высокого качества. Толщина контролируется лазерным датчиком. Участки, выходящие за пределы допуска, отмечаются маркером. Машина режет ленту на полосы нужной ширины, а установленный за ней укладчик керамических листов SC-25MFPT разрезает ленту на карты заданного размера, отбраковывая участки, отмеченные маркером. На старых машинах эти операции — резка карт, контроль толщины — проводятся вручную. К сожалению, длина установленной у нас литейной машины КЕКО не позволяет производить керамическую ленту толще 600 мкм. А нам требуются толщины от 200 до 1200 мкм.

Большие толщины листов нужны для минимизации сложности и трудозатрат при изготовлении корпуса: скажем, если нам нужен колодец глубиной 1 мм, то при соответствующей толщине карты мы можем сделать его в одном слое, и вся керамическая часть корпуса будет состоять из двух деталей. При наборе нужной толщины из нескольких тонких слоев придется делать ряд дополнительных технологических операций — а это трудозатраты и расход материалов. Кроме того, часть серийного оборудования предприятия пока не позволяет работать с пакетами из большого числа слоев керамики.

### Что происходит с нарезанными керамическими картами?

Они поступают на участок обработки, где собственно и формируются металлокерамические корпуса. Здесь из



Изготовление карт на старом оборудовании: линия литья керамической ленты (сверху); процесс нарезки ленты на карты и контроля (снизу)



Выпуск серийной продукции на участке обработки сырой керамики

листов керамики получают заготовки нужной формы, наносят на них токопроводящий рисунок и собирают в многослойный пакет.

Как видите, участок разделен на две части. В большей используется старое оборудование, еще 1970-х годов, но именно на нем обрабатывается 85–90 % нашей продукции. Это штампы для пробивки отверстий и вырубки деталей из карт, оборудование для нанесения токопроводящего слоя (металлических паст) — полуавтоматические линии «Ободок-18» производства зеленоградского НИИТМ. Для сборки пакета используются установки замоноличивания собственной заводской разработки. Последние, кстати, и ограничивают число слоев — в этих установках пакет карт сжимается двумя плитами, и равномерность распределения давления определяется их плоскопараллельностью, которая не может быть идеальной. Поэтому на этих установках мы можем соединять не более четырех-пяти слоев.

Все это оборудование позволяет производить основную массу номенклатуры наших изделий. Но в перспек-

тиве его необходимо менять: у него низкая по сегодняшним понятиям настроечная точность, длительный цикл ввода в производство новых изделий. Поэтому совместно с компанией «Остек-ЭК» мы начали осваивать новую технологию обработки сырой керамики на основе линейки оборудования компании КЕКО.

### В чем особенности линии обработки компании КЕКО?

Линия включает комплект установок: пробивки отверстий, трафаретной печати, ламинирования пакета групповых заготовок, а также разделения групповых заготовок на отдельные изделия. Первый агрегат в линии — пробивочная машина (установка перфорирования) РАМ-8S. Их на участке две, приобретались они не одновременно. По характеристикам они абсолютно одинаковы, но требуют внимания при заказе расходного инструмента — не вся его номенклатура может быть использована в обеих машинах.



А



В



С

Оборудование участка сырой керамики, на котором сегодня выпускается основная масса корпусов: А – вырубка отверстий штампом; В – пост металлизации полуавтоматической линии «Ободок-18»; С – установка замоноличивания

Установка РАМ-8S служит для пробивки колодцев и отверстий в групповых заготовках керамических карт. Вместо штампа, который за один удар вырубает отверстия во всей карте, машина использует набор пуансонов различной формы и размера. Это обеспечивает универсальность машины: пуансоном 3×3 мм можно пробить колодец и 10×10, и 15×10, и 10×20 мм. Аналогично, используя круглые пуансоны диаметром от 0,3 до 2 мм, можно пробить отверстие любого нужного нам диаметра. Конечно, обратная сторона универсальности — относительно низкая производительность.

Установки перфорирования оснащены четырьмя головами, средняя производительность каждой — 8–10 отверстий/с при шаге 1 мм. В принципе, на такие машины можно ставить до шести голов.

В пробивочных машинах есть узел, который мы изготавливаем сами: центровочный столик. Он делается под типоразмер карты, для машин КЕКО мы используем карты 90×110 мм, возможна работа с картами 150×150 мм, но мы их пока не используем. Старое серийное оборудование работает с картами 75×90 мм.

Машина обладает точностью совмещения 5 мкм. Для этого предусмотрены специальные процедуры. Манипулятор забирает карту из загрузочной кассеты и переносит ее на специальный центровочный столик. Здесь она приводится в заданную угловую ориентацию и координатное положение специальными толкателями, после чего фиксируется вакуумными захватами столика. В результате карта оказывается привязанной к координатной системе станка. Затем над картой выдвигается рама носителя, захватывает ее по периметру, также с помощью вакуума, и переносит в рабочую позицию — под пуансоны. После перфорирования носитель переносит карту на второй столик, а затем манипулятор перекладывает ее в приемную кассету.

По паспорту допуск на размер отверстий — 100 мкм, но на практике мы видим разброс порядка 50 мкм. Принимая во внимание, что оборудование, на котором мы выпускаем основную серию, имеет допуск 300 мкм, понятно, почему мы смотрим на линию КЕКО как на средство освоения изделий нового технического уровня.

### Какова дальнейшая судьба перфорированных заготовок?

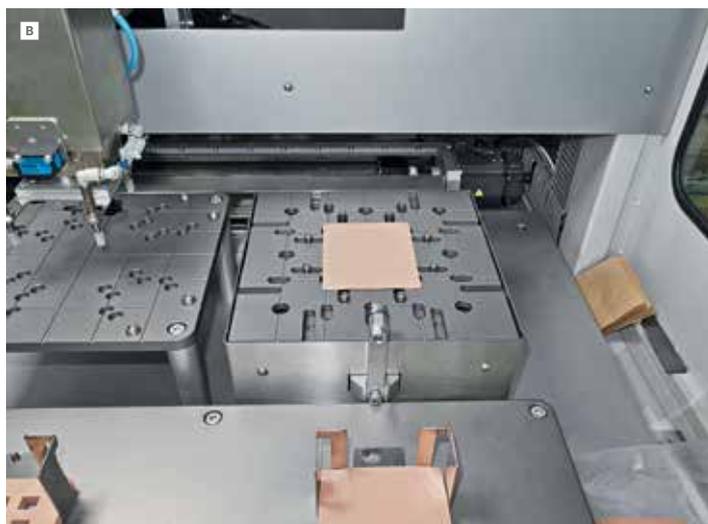
На них наносится токопроводящий рисунок вольфрамовыми и молибденовыми металлизационными пастами. Для этого используется трафаретный принтер КЕКО Р-200AVF. В сочетании с нашими новыми трафаретами он позволяет с большой точностью наносить металлизационную пасту, получая плотность топологии, в несколько раз превышающую ту, что мы имеем на серийном оборудовании. Что еще важно — принтер очень деликатно обращается с трафаретом. Практика пока-



Пробивочная машина РАМ-8S

зала, что менять трафарет можно примерно раз в пять рабочих дней, после того, как с него получено порядка 1500 отпечатков. На старом оборудовании трафареты меняются каждый день. С отработавших свое трафаретов смывается рисунок, и сетка идет в повторное использование. Качество трафаретов постоянно контролируется, обычно путем визуальной проверки отпечатанного рисунка под микроскопом. Частота проверок зависит от сложности топологического рисунка: самые насыщенные проверяются после каждого нанесения, простые — через 5–10 циклов.

На этом же принтере производится металлизация отверстий. Для этого используются обычные металлические трафареты — такие же, как для печатных плат. Отверстия малого диаметра, в десятые доли миллиметра, заполняются пастой полностью. При диаметре 0,8 мм и выше металлом покрываются только стенки отверстий, для чего рабочий стол принтера имеет специальную систему вакуумных отверстий, которые позволяют осуществлять так называемый «просос» металлизации через отверстия.



Работа установки РМ-8S: **A** – манипулятор захватывает карту; **B** – карта на центровочном столике; **C** – рама носителя надвинута на отцентрованную карту; **D** – карта в позиции пробивки – под пуансонами; **E** – карта с пробитыми колодцами в приемной кассете



Трафаретная печать: **A** – натяжение сетки на трафаретную рамку на устройстве SAATI Top 14; **B** – трафаретный принтер КЕКО Р-200AVF; **C** – процесс настройки печати: совмещение базовых отверстий; **D** – продукция принтера: групповые заготовки с нанесенной металлизационной пастой



Последние операции перед разделением групповой заготовки: **А** – рабочее место комплектования пакета карт (идет сборка пакета сдвоенной заготовки корпусов с глубоким колодцем для ФПЗС); **В** – упаковка пакета карт в герметичную оболочку с откачкой из нее воздуха; **С** – изостатический пресс КЕКО ILS-66, в котором производится ламинирование (замоноличивание) пакета

**В. Черных:** Принтер Р-200AVF примечателен тем, что позволяет печатать на рамах 450×450 мм. Имеется система автоматической поддержки расстояния между картой и трафаретом, точность позиционирования стола относительно трафарета составляет 5 мкм. Автоматический контроль точности нанесения в этом принтере не предусмотрен, для этих целей нужна специальная машина, например КЕКО КVI-10. Вообще, оптический контроль на разных этапах технологического процесса — это отдельный сложный вопрос, сейчас он активно изучается заводом во взаимодействии с «Остек-ЭК».

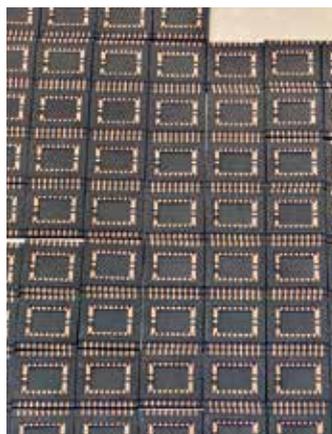
**Ф. Насибуллин:** Качество керамической подложки зависит от качества трафаретов, поэтому одним из первых шагов модернизации предприятия стала организация нового трафаретного участка. Технология традиционная — на металлическую сетку наносят фоторезист, после экспонирования и проявления которого формируется трафарет для нанесения металлизационной пасты. Разрешающая способность печати зависит от шага и качества сетки и фоторезиста. Сетки мы используем японские, из нержавеющей проволоки, для натяжения на раму приобрели итальянское устройство SAATI Top 14. Использувавшийся ранее «на-

ливной» фоторезист при нанесении давал большой разброс по толщине, что сильно снижало качество отпечатка и тем самым ограничивало его точность, разрешение и повторяемость процесса. Теперь мы пользуемся фоторезистивной капиллярной пленкой и можем гарантировать качественную топологию с шагом не 1,25 мм как раньше, а 0,6 и даже 0,4 мм. В принципе, применяемые новые трафареты позволяют достичь ширины линии рисунка 100 мкм при шаге 120–150 мкм. Правда, таких изделий мы еще не делаем — для них нет потребителя.

Сейчас мы уже не пользуемся другими трафаретами, даже для нашего старого оборудования, которому 40 лет, делаем малоразмерные трафареты только по новой технологии.

### Что происходит после трафаретной печати?

Наступает стадия пакета. Для этого на оснастке, изготовленной под каждый тип корпуса, собирается полный пакет групповых заготовок — друг на друга укладывается слой за слоем в соответствии с констук-



Разделение групповой заготовки: установка резки сырой керамики КЕКО СМ-15 (слева); разделенные заготовки корпусов (справа)

торской документацией. Мы производим изделия, где число слоев достигает 18 и даже 25. Собранный пакет на специальной машине упаковывается в оболочку, из которой откачивается воздух, после чего помещается в изостатический пресс фирмы КЕКО серии ILS. Процесс ламинирования (замоноличивания) происходит при повышенной температуре и давлении, в соответствии с программно заданным профилем.

Последняя операция участка сырой керамики — разъединение групповой заготовки на отдельные изделия. Если в массовом производстве для этого используется штамп, то в состав новой линейки входят машины, работающие по принципу разрезания при помощи лезвия. Медленнее, но точнее. Впрочем, на этих машинах мы работаем и с серийной продукцией. У нас два типа таких установок: СМ-15 от компании КЕКО и машина Ceramic Cutter System от компании Pacific Trinetics Corporation (РТС). Отмечу, что СМ-15 несомненно удобнее в эксплуатации и гарантирует более высокую точность резки.

В целом, линия КЕКО обеспечивает высокую точность, лучшее качество, дает большую свободу конструкторам. Но ее производительность значительно ниже, чем у используемого нами старого серийного оборудования: то, что делается на пробивочной машине РАМ-8S целой последовательностью операций манипулятора, носителя, пуансонов, выполняется штампом за один удар. Поэтому пока от старого оборудования мы отказаться не можем.

**В. Черных:** Дело в том, что поставленная ДЗРД линейка КЕКО не предназначена для массового производства. Для этой задачи КЕКО выпускает другие машины — полуавтоматы, которые интегрируются в поточную линию высокой производительности. То, что мы видим в цехе сегодня — это оптимальный вариант для данного периода работы предприятия. Надо до тонкостей разобраться, как работать с этими машинами, какие объемы продукции, производимой на них, будут в дальнейшем востребованы. Тогда появятся достаточные основания для того, чтобы подумать, стоит ли покупать более производительные машины для развития этой технологии или достаточно того комплекта, который уже установлен.

**Ф. Насибуллин:** Действительно, задача при покупке линейки была двоякая. С одной стороны, нам важно было получить линию для производства изделий нового технического уровня, который не могли обеспечить прежняя технология и оборудование. С другой стороны, требовался инструмент для оперативного моделирования любых конструкций и изготовления опытных партий. Впрочем, не только опытных — иногда заказчику требуется незначительное количество корпусов, в частности, в случае особо сложных изделий. Так что приобретенный комплект оборудования КЕКО можно рассматривать и как опытный участок, и как линию для мелкосерийного производства. Линейка фирмы КЕКО полноценно работает у нас три

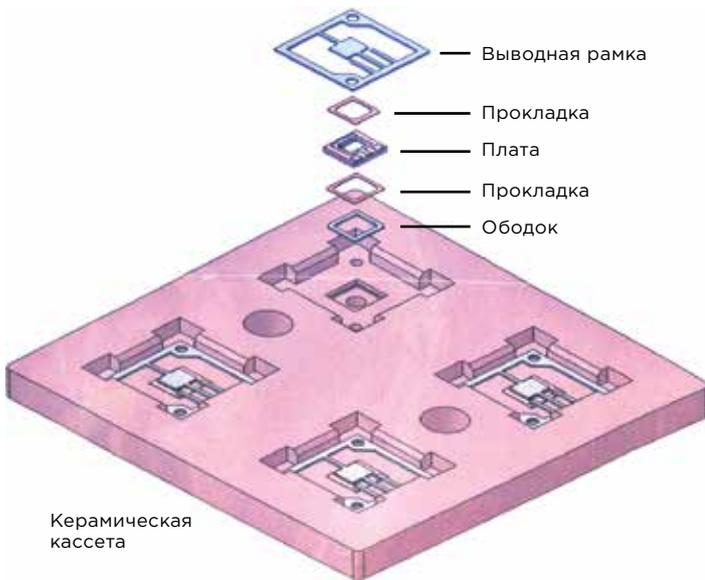
с небольшим года. И она действительно позволила нам проводить отработку новых конструкций в короткие сроки. Раньше это был длительный и трудоемкий процесс: для разработанного изделия надо было изготовить штампы и другую оснастку, сделать опытные образцы, испытать их, понять слабые места, откорректировать чертежи оснастки, изготовить новый комплект, опять опытный образец... Создание оснастки — это минимум квартал, иногда два, весь процесс мог растянуться на годы. Теперь же мы можем пройти весь цикл за полтора-два месяца — от первого чертежа до изделия, готового к запуску в серию. И тогда уже можно делать штампы, чтобы производить новый продукт в массовых количествах.

## Каковы последующие технологические операции создания металлокерамических корпусов?

**Ф. Насибуллин:** Разделенные заготовки, как после линии КЕКО, так и после крупносерийного участка, об-



Обжиг: подготовка «этажерки» с заготовками корпусов (сверху); загрузка в азотноводородную печь (снизу)

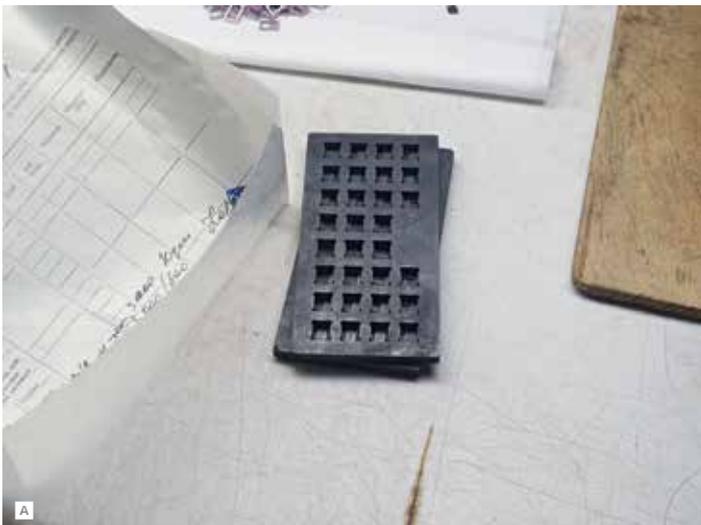


Керамическая кассета

Схема сборки основания корпуса

жигаются в азотно-водородной печи. При этом происходит вжигание металлических дорожек в слои керамики. Водород создает восстановительную среду для предотвращения потерь вольфрама и молибдена из металлизационной пасты. Азот необходим для обеспечения взрывобезопасности. Печь имеет две зоны. В первой при температуре  $1000^{\circ}$ , получаемой за счет силитовых нагревателей, происходит выгорание связующего из сырой керамики. Во второй зоне с молибденовыми нагревателями при температуре  $1520^{\circ}$  идет процесс спекания керамики. Перед отправкой в печь детали укладываются на керамические пластины, из которых при помощи керамических же вкладок составляется «этажерка».

Следующий этап — сборка основания корпуса. Основанием называется сборочная единица корпуса с необрезанной выводной рамкой и без крышки (ее тоже изготавливаем мы). Сборочные операции — один из ключевых моментов обеспечения качества, поэтому они также стали объектом нашего первоочередного внимания. В конструкцию основания, кроме спеченной многослойной керамической платы, входят металличе-



Пайка: **A** — графитовая групповая оснастка для сборки комплекта основания корпуса перед пайкой; **B** — сборка деталей корпуса в оснастке; **C** — конвейерные печи с водородной средой; **D** — готовый продукт: основание корпуса микросхемы



На выходном контроле проверяется 100 % изготовленных оснований корпусов: визуальный контроль (слева); полуавтомат контроля герметичности с гелиевым течеискателем (справа)



ские детали, такие как выводная рамка, металлический ободок, прокладки из припоя ПСР-72. Сборка ручная, раньше для нее мы использовали оснастку из металла или из своей керамики, теперь перешли на оснастку из высококлассного японского графита. Ее делают для нас в Рязани на ОАО «Поликонд», где, как и у нас, генеральным директором работает Алексей Алексеевич Паньков.

Казалось бы, мелочь — изготовление графитовой оснастки. Однако никто в России не взялся ее разработать — слишком сложное дело, если надо добиться действительно высоких параметров. А ведь точность сборки — одно из основных требований к корпусу. Новая оснастка позволяет производить сборку с точностью до 100 и даже до 50 мкм. Как мы и рассчитывали, это резко повысило качество изделий, что сразу заметили наши потребители.

Детали собранного корпуса спаиваются в конвейерных печах с водородной средой. Эти печи нам поставил брянское НПО «Группа компаний машиностроения и приборостроения». Прокладки из твердого припоя ПСР-72 расплавляются, и происходит герметичное соединение всех элементов конструкции. А далее следует самый ответственный этап — контроль качества готовой продукции.

### Как вы проверяете качество готовых корпусов?

100 % готовых изделий проходят визуальный контроль под микроскопом на том же участке, где детали собираются в оснастку перед пайкой. А дальше проводится финальный инструментальный контроль герметичности. ДЗРД — единственное предприятие, на котором внедрена такая процедура. Ведь установку для него разработал и изготовил наш бывший сосед — НИИ машиностроения «Дон», с которым у нас была теснейшая кооперация и который, к сожалению, не пережил трудных времен. Так что эта установка уникальна; иногда нас просят ее продать, но мы, конечно, отказываемся.

Официальное название прибора — полуавтомат контроля герметичности. В его основе — стандартный гелиевый течеискатель ПТИ-10, который дополнен оригинальным устройством — четырехпозиционной каруселью. На рабочей позиции карусели колодец корпуса при помощи прижима через резиновое уплотнение сообщается с полостью, соединенной с течеискателем. Откачивается воздух, и с внешней стороны корпус обдувается гелием. Если гелий проникает под корпус, встроенный в течеискатель масс-спектрометр фиксирует его наличие, что свидетельствует о нарушении герметичности. Пока на одной позиции идет проверка, на остальных оператор укладывает детали (и забирает проверенные). Поэтому и достигается очень высокая паспортная производительность — 600 проверок в час, однако опытным операторам на некоторых изделиях удается превысить ее почти в два раза. Столь высокое быстродействие позволяет проверять все 100 % продукции, так что все наши корпуса уходят к потребителю с гарантированным качеством.

**В. Черных:** На других производствах изделий из вакуумно-плотной керамики принято проверять на герметичность полуфабрикат — плату без паянного ободка, без выводов. Но к чему это приводит? Хорошая герметичная плата идет на пайку, где претерпевает интенсивный термоудар; а может быть и простая механическая проблема, например, заусенец на ободке. В результате нарушается герметичность корпуса. Следствие — невыявленный брак, отгруженный потребителю. Здесь же проверяется все основание корпуса в сборе.

### Где изготавливаются металлические детали корпуса — крышки, выводные рамки и т. п.?

**Ф. Насибуллин:** Здесь же, на ДЗРД. У нас хорошо оснащенное механическое производство. Оно решает различные задачи. Это и заготовка металлических



Решение проблемы высокоточных штампов для серийной продукции: **A**, **B** — электроискровые проволочно-вырезные станки Sodick SLC400G и AQ400L; **C**, **D** — нижняя и верхняя плиты многопозиционного штампа, изготовленные на этих станках

комплектующих, и изготовление нестандартного оборудования и оснастки, в том числе штампов. Заказывать подобные работы на стороне — достаточно дорого, часто долго, а иногда просто невозможно. Поэтому по решению генерального директора закуплены новые станки, которые позволяют все это делать на требуемом уровне и, прежде всего, оснастку с микронными допусками. Надо сказать, что такое решение соответствует общему подходу директора: модернизация должна быть комплексной, необходимо быстро разрешить ключевые проблемы не только основной технологии, но и вспомогательного производства и обеспечивающей инфраструктуры. Спорадические, бессистемные улучшения не способны дать значимого результата.

Раньше штампы изготавливались в виде сборной матрицы. Брели болванку из твердого сплава, разрезали ее на фрагменты, которые необходимым образом обрабатывались на фрезерных и плоскошлифовальных станках. Эти «кубики» помещались в единую обойму, скреплялись между собой, как правило, эпоксидным

клеем. Очень трудоемкая технология, к тому же не всегда надежная: порой, казалось бы, все сделано точно по КД, но штамп «не идет». Надо еще учесть, что инструментальщиков высочайшей квалификации, которые могли бы справиться с такой работой, почти не осталось, так что мы рисковали остаться вообще без оснастки. Теперь у нас есть электроискровые проволочно-вырезные станки японской компании Sodick моделей SLC400G и AQ400L. На них матрица и пуансон штампа вырезаются буквально с микронными допусками. Это дорого, но оправданно: хорошая оснастка — необходимое условие хорошей продукции. Пробовали мы обрабатывать на этих станках и пуансоны для перфорационных машин КЕКО, пока не очень получается.

Конечно, механическая обработка — это не только тонкие, точные операции, выполняемые станками Sodick с помощью проволоки диаметром меньше миллиметра. Оборудование для более «грубых» работ также обновляется. Например, недавно установлены вертикально-фрезерные обрабатывающие центры VF-2YT и VF-3YT

фирмы HAAS. А там, где можно, справляемся старым оборудованием.

Одна из острейших проблем, связанных с механическим производством — кадры. Люди стареют. Есть еще асы-инструментальщики, однако возраст — за 70. Не идет молодежь в слесари, станочники. Но и здесь помогает современное оборудование. Там, где раньше нужен был фрезеровщик или токарь, теперь работает инженер-программист — другой статус, самоощущение, такого человека найти легче.

Модернизация на ДЗРД затронула не только оборудование основного технологического цикла, но и всю инфраструктуру предприятия. Об этом нам рассказал технический директор — главный инженер Виталий Иванович Рыжов.

**В. Рыжов:** За минувшие пять лет сделано очень много. Скорость нововведений такая, что порой за ними не успеваешь: казалось, недавно установили три брянские паяльные печи — на днях еще три привезем; на подходе — установка химического фрезерования. Сейчас, куда ни зайди, все новое: новая деионизованная вода, новая азотная станция, все компрессоры — новые... Потребление воды на заводе сразу уменьшилось в два раза в немалой мере потому, что компрессоры теперь не требуют водяного охлаждения. Трафареты женщины делали вручную, дыша кислотными испарениями — новая технология настолько чиста, что к концу года на трафаретном участке введем первую на предприятии чистую комнату.

А азот? Наше прежнее азотное производство даже трудно назвать участком — скорее, это был завод в заводе. Огромные энергозатраты, многочисленный персонал и при этом — низкая надежность. Теперь же у нас в одном небольшом помещении стоят две полностью автоматические установки с молекулярно-мембранными фильтрами. Работают стабильно, но все равно мы взяли два комплекта: один в работе, другой в резерве. Поэтому даже регламентное техническое обслуживание не приводит к остановкам азотного участка.

Еще одно направление модернизации — гальваника. Мало сделать хороший герметичный корпус. Чтобы потом разварить кристалл, на металлические дорожки необходимо нанести гальваническое покрытие никель-золото. И это покрытие потом должно проработать 25 лет. Наилучшие показатели по этому направлению у компании KYOCERA, причем они достигают высочайшей надежности при минимальной толщине покрытия. Если приблизиться к их результатам, то это будет, можно сказать, революция в производстве металлокерамических корпусов в масштабах нашей страны. Если основные технологии у нас выходят на новый уровень, то и гальваническое оборудование должно быть соответствующим. Мы полностью освободили один из корпусов завода, он прекрасно подходит для организации гальванического



Переоснащение проводится в четко проработанной приоритетной последовательности. Там, где от этого не страдают качество и надежность, завод обходится старым оборудованием



Азотодобывающие станции: две новые (слева); старая (справа). Как говорится, почувствуйте разницу...

участка, рядом — станция нейтрализации, откуда сток идет в очистные сооружения. Осталось только принять решение, и можно сразу приступать к закупке оборудования и работе по подготовке помещения.

Однако для гальваники нужна высококачественная вода, а в нашем районе природная подземная вода очень засорена солями железа — кругом старые угольные шахты с брошенным оборудованием; также в здешней воде высокое содержание кальция. Применять эту воду

без очистки совершенно невозможно. Поэтому мы внедрили новую установку получения дистиллированной воды и в июле начали ее штатную эксплуатацию. Так что уже сделано немало, но предстоит еще больше.

Самое главное — мы не стоим, двигаемся вперед. Вопросы с оборудованием помогают решать партнеры, среди них один из важнейших — компания Остек. Не держимся за старые технологии, находим и воплощаем решения, которые обеспечивают нам будущее.



**Чем интересен ДЗРД как проект системной модернизации для поставщика оборудования и технологий? Комментирует начальник отдела толстопленочных и гибридных технологий ООО «Остек-ЭК» Сергей Чигиринский:**

«Говоря о заводе, хочется начать не с технологий, не с поставок, а с генерального директора. Хозяйство, которое ему досталось, было более чем обширным и весьма запущенным: прежнее руководство, насколько можно было судить в начальный период нашего взаимодействия, совсем не занималось вопросами переоснащения. У меня сложилось впечатление, если не сказать — уверенность, что, если бы не Алексей Алексеевич Паньков, то ДЗРД, может быть, уже бы и не было. В данном случае тот факт, что мы поставляем на ДЗРД оборудование, я не могу считать только нашей заслугой. В большой степени успех наших совместных действий определяется тем, что директор точно понимает, что нужно производству, вычленяет узловые проблемы, разбирается

до деталей в вариантах их решения и квалифицированно выстраивает план действий — с последовательностью задач, со сроками и этапами финансирования. Нам, как поставщикам оборудования, очень приятно работать с Донским заводом радиодеталей. Здесь грамотные специалисты, которые понимают, куда и как нужно двигаться, целеустремленное и энергичное руководство. Не сомневаюсь, что предприятие сохранит и усилит свои позиции на российском рынке. А в будущем сумеет выйти и на международный рынок, и это будущее может оказаться не таким уж далеким. Для меня крайне важно, что с нами работает серийный завод, который выпускает нужную для страны продукцию. Это само по себе приносит удовлетворение и в то же время подчеркивает важность деятельности, которую проводит «Остек-ЭК». Задачи, стоящие перед заводом, непросты и масштабны, и мы стараемся эффективно помогать в их решении. Сегодня мне очень нравится, что с Донским заводом радиодеталей мы делаем конкретные дела с конкретными результатами. Уверен — так будет и дальше».

**Каковы дальнейшие планы модернизации предприятия, если говорить только о производстве металлокерамических корпусов?**

**Ф. Насибуллин:** Мы хотим полностью укомплектовать это производство новым компактным оборудованием и сосредоточить в одном помещении. Оно уже выделено, там ведется реконструкция, производство будет оборудовано в соответствии с требованиями электронной гигиены. Там разместится линия приготовления шликера из импортного глинозема (если наши опыты с установкой NETZSCH увенчаются успехом), а также две-три литьевые машины фирмы КЕКО, установки вырубки, трафаретной печати, замоноличивания, резки сырых карт на детали. В том же корпусе расположится участок обжига. Рядом планируем разместить участок сборки — напротив печей пайки, что максимально сократит внутрицеховое перемещение изделий.

Важная задача — обеспечение приемлемого температурного режима в любое время года. Два года назад на участке обработки карт сырой керамики мы установили кондиционеры, и с тех пор температура там не поднимается выше 22°C — а раньше, случалось, жара там доходила до 30° и более, процесс трафаретной печати просто останавливался — паста текла. Аналогичную работу мы запланировали для участка обжига и пайки.

Постепенно мы будем модернизировать и наше крупносерийное производство. Так, в планах следующего года — замена установок нанесения металлизационной пасты «Ободок-18». Варианты рассматриваются разные. В частности, с «Остек-ЭК» обсуждаем комплексный эффект от замены этих машин на новое оборудование на базе линии PAL-9 производства КЕКО.

**В качестве одной из целей вы назвали снижение себестоимости тех изделий, которые уже выпускаются. Достигнут ли этот результат?**

**Ф. Насибуллин:** Конечно. Причем снижение себестоимости достигнуто не только в рамках собственно технологии изготовления продукта. Мы очень серьезно снизили энергозатраты. Внедрили оборудование, которое позволяет значительно сократить расходы при получении азота из воздуха, параллельно исключив связанные с этим участком перебои в производстве. Поставили хорошую водоочистку, закупили станки для механической обработки. Вообще, все оборудование, которое мы сейчас покупаем, характеризуется большей технологичностью и меньшей энергоемкостью. Уверен, снижение себестоимости будет продолжаться и дальше, уже намечен и начат ряд мероприятий в этом направлении.

Подчеркну, в последние годы наши клиенты заметили, что мы можем очень оперативно и с хорошим качеством отвечать на их потребности. Да и нам самим работать стало очень интересно. С одной стороны, быстро виден результат. С другой — производителю всегда хочется делать продукцию гарантированно высокого качества. И теперь у нас есть, на чем ее делать. ▣