

# Надежность компонента – это отработанная технология и жесткий контроль

## Визит в ООО «Кулон»

Ю. Ковалевский, В. Мейлицев

Санкт-Петербургское предприятие «Кулон» является одним из самых крупных в стране производителей пассивных электронных компонентов из многослойной керамики: универсальных и специальных конденсаторов, проходных помехоподавляющих фильтров, в том числе для работы в СВЧ- и УВЧ-диапазонах. Квалификация и опыт коллектива «Кулона» позволяют со стабильным качеством выпускать компоненты для военной и специальной техники, обладающие самыми высокими техническими характеристиками, сохраняющие работоспособность и многолетнюю надежность в предельно сложных условиях эксплуатации.

В сегодняшних планах предприятия – расширение области применения своего потенциала в гражданском секторе электроники. Об этом, а также о других сторонах жизни предприятия мы беседовали с коммерческим директором ООО «Кулон» Александром Евгеньевичем Дёминым.



Александр Дёмин

**Александр Евгеньевич, расскажите, пожалуйста, о корнях вашего предприятия, об истории завода, успехах, которых удалось достичь в последнее время.**

«Кулон» – это завод с большой историей. Она началась в 1948 году, то есть нам уже более 70 лет. Почти всё это время завод находился на Пискаревском проспекте, но в 2018 году мы решили перебазироваться в дру-

гой район, выбрали новую производственную площадку и осуществили переезд.

Исторически предприятие можно назвать одним из родоначальников конденсаторостроения в нашей стране, поскольку в 1969 году «Кулон» вошел в научно-производственное объединение «Позитрон». Туда входили и другие предприятия – производители конденсаторов, и мы совместными усилиями стали развивать отрасль конденсаторостроения. После перемещения завода в 2018 году на другую площадку новые производственные помещения позволили нам более удобно расположить технологический цикл, и это можно принять за точку отсчета новейшей истории предприятия.

**В связи с переездом – много ли оборудования поменялось?**

Поменялось и до сих пор меняется значительное количество оборудования. Сейчас мы совместно с Фондом развития промышленности реализуем проект по модернизации всех технологических линий. На данном этапе мы осуществили замену производственных линий на участке запуска продукции.

**Какое оборудование стало вашим последним приобретением?**

Одним из последних приобретений были установки сеяния, сортировки; кроме того, купили упаковщик у китайского поставщика.

**У вас имеется вариант упаковки в ленту, но, тем не менее, достаточно много продукции поставляется россыпью. Как вы считаете, с чем это связано?**

Это связано исключительно с тем, что у многих заказчиков отсутствует оборудование для автоматического монтажа. Вторая причина: даже если такое оборудование есть, то в КД на изделия наших заказчиков исторически заложен ручной монтаж, и мало кто хочет менять документацию, потому что этот процесс занимает порядка двух лет.

**В конце 1990-х – в начале 2000-х годов в области ЭКБ произошел существенный сдвиг в сторону применения зарубежных изделий, в том числе пассивных компонентов. Меняется ли сейчас эта ситуация и готовы ли вы,**

**как производитель конденсаторов, обеспечивать отрасль для импортозамещения?**

К счастью, ситуация меняется, это особенно заметно в последние годы. Что сделал «Кулон» за это время? На апрель 2021 года мы реализовали четыре ОКР. Это трехвыводные чип-фильтры БЗ6, конденсаторы К10-90, уникальные с точки зрения размера – мы реализовали размер 0402; весь мир продолжает двигаться в направлении миниатюризации, и мы стараемся не отставать. Также мы открыли для себя варисторное направление, сделав выводные варисторы ВР-18 и чип-варисторы ВР-19. Четвертая разработка – трубчатые конденсаторы К10-89.

**Это заказные ОКР?**

Да, понятно, кто у нас будет заказчиком по этим изделиям. Серийный выпуск продукции вот-вот начнется. На сегодняшний день мы ждем подписания ТУ в Минпромторге России, затем в течение месяца вносим изделия в перечень ЭКБ и начинаем серийный выпуск.

**Есть ли планы, понимание перспектив в отношении того, кем еще могут использоваться и эти изделия, и уже освоенная номенклатура на рынках как специального, так и гражданского профиля?**

Есть желание постепенно двигаться в сторону гражданского рынка. Оно обусловлено и нашим собственным стремлением к расширению производства, и обязанностью реализации различных постановлений Правительства РФ. Но существует проблема: нет технологии, разработанной на территории России, которая позволила бы снизить себестоимость продукции и выйти на гражданский рынок. В некоторых случаях мы не достигаем необходимых технических характеристик, но это вопрос решаемый. Всё упирается в финансирование – хотелось бы получить субсидии, объем которых нам понятен. Уже есть подготовленный проект, но нет соответствующей правительственной программы, где бы «Кулон» мог бы быть заявлен как поставщик ЭКБ.

Мы пытались зайти в программу как производители комплектующих для вычислительной техники. Но, к сожалению, заданное в программе направление вычислительной техники должно включать в себя именно производство вычислительной техники, а комплектующие туда не попадают. Поэтому «Кулон» не может этим путем получить необходимые средства, которые позволили бы нам создать технологии для выхода на рынок гражданской продукции.

**«Кулон» является одним из организаторов Консорциума «Пассивные электронные компоненты», у которого есть схема взаимодействия с АНО «ВТ» на уровне «консорциум – консорциум». Видите ли вы перспективу получения поддержки на этом пути?**

Мы возлагаем на такой подход большие надежды. Однако пока непонятно, к чему это может привести, так как

развитие системы консорциумов находится на начальном этапе. Конечно, рассчитываем, что она нам поможет.

**Для выхода на гражданский рынок и вообще для расширения номенклатуры, помимо вопросов финансирования, есть ли еще какие-то препятствия – проблемы с материалами, отсутствие комплектующих от отечественных производителей?**

К сожалению, отечественных производителей необходимого нам сырья сейчас на рынке нет. Мы сами ведем работу по поиску специалистов, которые могли бы нам с этим помочь. Вопрос это кадровый, потому что специфика совершенно другой технологии требует и совершенно другого мышления. Нет смысла переучиваться тем специалистам, которые у нас есть – это займет годы; нужно просто найти новых, уже знакомых с тематикой.

**Хватает ли вам имеющихся мощностей, или, может быть, они недогружены?**

Сейчас ситуация такова, что нам хватает производственных мощностей и проблем с заказами тоже нет. Сейчас наша цель – выйти на сокращенный срок поставки.

На момент переезда срок поставки у нас доходил до 180 дней. Мы понимаем, что это неприемлемо, что те замечания, которые к нам приходили по этому вопросу, абсолютно справедливы. Поэтому ключевой задачей для нас является сокращение срока поставки вдвое – мы должны реализовывать все заказы в период до 90 дней.

**Какова в этих 90 днях та доля, которую нельзя сократить по технологическим причинам?**

Что касается технологического цикла, у нас есть четкий расчет. Выводные варианты конденсаторов делаются за 60 календарных дней; безвыводные – за 45 календарных дней. Это технологический цикл, в котором почти совсем отсутствует человеческий фактор – идеальный путь конденсатора от запуска до выпуска. О 90 днях мы говорим потому, что оставляем запас на возможный брак.

**О планах на будущее: какие ОКР ведутся сейчас? Может быть, рассматриваете какие-нибудь инициативные разработки?**

Идеи есть. Например, дисковые массивы конденсаторов и технология их изготовления. И все же главная наша мечта – реализовать проект по разработке технологии для выхода на рынок конденсаторов для гражданской продукции.

**В продуктовой линейке конденсаторов у вас имеются существенные пересечения с витебским заводом «Монолит». Как вы сосуществуете на рынке?**

Балансируем. Договариваемся как с заказчиками, так и с коллегами с «Монолита». У нас, разумеется, дружеские

отношения, мы распределяем заказы так, чтобы они были выполнены в минимальный срок. Задача состоит в том, чтобы предотвратить перенасыщение заказами конкретного номинала или, в частности, габарита – сложности начинаются именно тогда, когда слишком много заказов одного габарита. Мы занимаемся перераспределением заказов, что позволяет сокращать сроки поставки.

*После разговора в кабинете заместителя директора мы отправились знакомиться с производством, где к рассказу об оборудовании и технологиях подключился директор по производству ООО «Кулон» Дмитрий Игоревич Белянин.*



**Дмитрий Белянин**

### **Дмитрий Игоревич, с чего начинается технологический процесс?**

Сначала готовится керамическая масса: закупленные химические компоненты смешиваются в определенных пропорциях и вместе с мелящими телами загружаются в мельницу, где либо за счет вибрации, либо за счет вращения одновременно происходит размельчение и смешивание.

Есть модели мельниц, в которых процесс осуществляется в воде, они дают порошок с наименьшим размером частиц. Чем мельче порошок, тем тоньше пленка, которую можно из него отлить. Но это не всегда нужно: там, где возможно, используется пленка большей толщины, которая вырабатывается из порошка более крупного помола.

Полученная в мельницах керамическая масса засыпается в короба и отправляется в печь для обжига при температуре более 1000 °С. Прежде мы использовали туннельные печи, а для новой площадки в начале 2019 года приобрели печи российской компании «АГНИ» с программным управлением.

### **У вас есть кооперация по материалам с заводом «Монолит»?**

Материалы для фильтров – их 14 видов – мы делаем сами; для конденсаторов нужно всего семь, и некоторые из них нам поставляет «Монолит». Из первичного сырья только один вид – титанат бария – у нас японского производства, остальное – отечественное. Разница в том, что в Японии сырье производят тоннами, а у нас – килограммами; большая партия – это много вещества с одинаковыми свойствами, и, следовательно, много сырья стабильного качества.



**Мельницы для приготовления керамической массы**

### **Почему номенклатура сырья для фильтров больше, чем для конденсаторов?**

Для фильтров определено значительно большее количество групп по температурному коэффициенту емкости, чем для конденсаторов. Они востребованы потребителями, и мы их производим.

### **Как из порошка получается керамическая пленка?**

Сначала готовится шликер. Для этого керамический порошок смешивается со связующим, этот процесс длится порядка суток. Для маленьких порций, до 2 кг, применяются установки с небольшими барабанами, более крупные загружаются в мельницы, куда можно поместить до 12 кг. На выходе получается материал в виде суспензии, из которой затем и отливают пленку.

Для литья пленки у нас есть два поколения машин. Технологические циклы сборки пакета с их использованием существенно различаются.



В шликере, из которого делают корпуса фильтров, в качестве связующего используется парафин. Этот шликер готовится в отдельных мельницах, имеющих водяную рубашку для поддержания в рабочей камере температуры 70 °С, необходимой для расплавления парафина





а)



б)

Технология с отделением подложки сразу после литья ленты: а – одна из литейных машин; б – разрезка на листы: световой стол позволяет выявить дефекты литья

Начинается всё одинаково: шликер через фильеру выдавливается на движущуюся лавсановую подложку в виде пленки заданной толщины, которая в процессе движения высушивается и наматывается на бобину. Высушивание происходит при температуре порядка 100 °С, что позволяет удалить наиболее жидкие составляющие связующего.

При использовании старых машин уже на этом этапе производится отделение пленки от подложки. Далее следует нарезка ее на листы, из которых будет собираться групповой пакет.

#### Какова толщина пленки, которую можно изготовить на этих машинах?

Гарантированная производителем величина этого параметра составляет 50–60 мкм, но в реальности нам удавалось получать пленки толщиной от 20 мкм.

Технологический процесс, в котором задействована новая машина, произведенная компанией КЕКО, отличается тем, что пленка проходит весь цикл сборки вместе с подложкой. За счет этого можно лить более тонкую пленку; ее уже нельзя брать руками, вследствие чего значительно уменьшается вероятность повреждения или загрязнения пленки.

В установке КЕКО многие функции берет на себя автоматика. Так, на прежних машинах толщина пленки настраивалась винтами и проверялась щупами, а здесь этим управляет компьютер с необходимыми датчиками. Старые машины имеют две зоны сушки, а у КЕКО их пять, так что процесс высушивания получается более равномерным. В ходе опытных работ мы получили на КЕКО толщину пленки 10–12 мкм и рассчитываем довести ее до 7 мкм.

Мы заказали еще один комплект, в котором компания КЕКО произведет предложенные нами доработки – конечно, вместе со своими собственными усовершенствованиями, разработанными к этому времени.

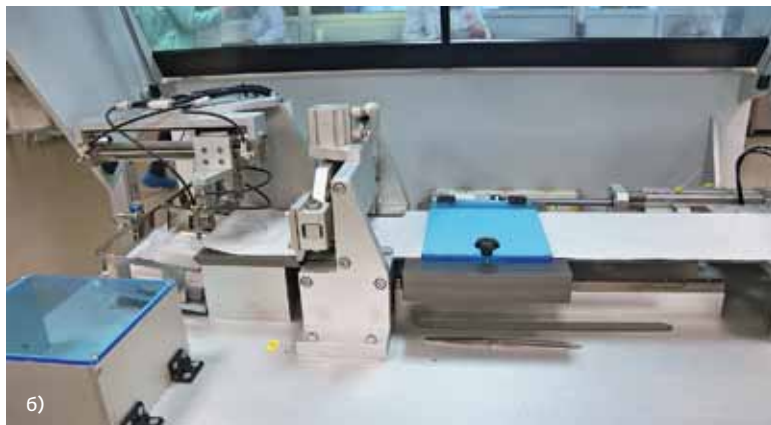
На нарезанные листы методом трафаретной печати наносится металлизационная паста. И пасты, и сеткотрафареты мы делаем сами.

#### Какими параметрами определяется емкость конденсатора?

Габариты изделия, число металлизированных слоев в пакете конденсатора заданы в КД, так что для нас главным параметром является толщина пленки – поэтому она так строго контролируется.



а)



б)

Технология, в которой листы керамики обрабатываются вместе с подложкой: а – литейная машина КЕКО; б – рабочая зона автоматической установки разрезки на листы ленты с подложкой



Нанесение металлизации и сборка пакетов:  
а – система трафаретной печати КЕКО 3200ААМ;  
б – укладчик керамических листов КЕКО серии ST

В том варианте процесса, где обрабатываются листы керамики с подложкой, металлизация производится на автоматической системе трафаретного нанесения. Листы получают отпечатки, несколько смещенные относительно центра – так, чтобы у половины металлизация выходила на одну сторону конденсатора, а у остальных – на другую; машина выкладывает их в разные кассеты.

Кассеты передаются в укладчик пакетов, который по программе собирает «пирог» из заданного числа листов.

Листы без лавсановой подложки обрабатываются на полуавтоматических линиях PAL, которые объединяют этапы металлизации и сборки пакета. На одной стороне линии сотрудник на полуавтоматическом принтере наносит на лист пасту и по конвейеру передает его на другую сторону. Там другой сотрудник укладывает на пакет следующий лист, подпрессовывает и передает на первую позицию. Процесс «идет по кругу», пока пакет не будет собран. Подсчет листов ведет человек; в целом это непростая работа, в которой нельзя допустить ошибку.

Дальше пакеты, изготовленные по обеим технологиям, движутся по единому маршруту. Их вакуумируют в антистатической упаковке, несколько упаковок помещают

в изостатический пресс. Последний заполнен водой, через которую осуществляется передача давления; этим обеспечивается равномерное воздействие на все стороны пакета. Давление достигает в максимуме 27 МПа, температура воды поддерживается в пределах от 60 до 70 °С.

После прессования керамический пакет приобретает прочность, достаточную для того, чтобы его можно было разрезать.

#### Как получается, что заготовки конденсаторов после разрезки не рассыпаются?

Для этого на пакет снизу наклеивается липкая пленка. После разрезания будущие конденсаторы, удерживаемые липкой пленкой, переносятся на нагревательный столик, где пленка теряет свои адгезионные свойства. Теперь разделенные заготовки можно обжигать.

В зависимости от типа керамики, обжиг производится при температуре от 1 000 до 1 140 °С. Средняя продолжительность режима – четверо суток.

Обожженные заготовки усаживаются, приобретают другой цвет. Кроме того, их кромки становятся очень острыми. Если пустить их в дальнейшую работу в таком виде, то почти



Одна из линий PAL



Разделение групповой заготовки



неизбежно образование отстрелов, сколов, в том числе глубоких, до металла, из-за которых могут начаться отказы. Поэтому следующая операция технологического цикла – галтовка, и только потом можно приступить к серебрению.

### Почему конденсаторы нужно серебрить?

Серебрением формируются наружные электроды. Они объединяют металлизированные слои пакета, после чего он и становится многослойным конденсатором, и служат контактными площадками, которые у выводных изделий предназначены для припайки выводов, а у чип-конденсаторов – непосредственно для монтажа на плату.

Для серебрения установлено три машины разных моделей. Все они работают методом окунания заготовок в серебряносодержащую пасту. В качестве оснастки используются кассеты с отверстиями, в которые заготовки помещаются с таким расчетом, чтобы их торцы выступали с одной стороны на высоту будущего электрода; получается, что функцию ограничения глубины погружения выполняет сама кассета.

По окончании обработки одной стороны заготовок кассета сушится в течение 15 мин при температуре порядка 150 °С и обдуве, затем 2–3 мин остывает, и заготовки продавливаются так, чтобы над плоскостью кассеты выступал их необработанный торец. Повторяется погружение в пасту.

Недавно приобретенная установка китайского производства отличается от других машин подходом к загрузочной оснастке. В более старых машинах используются кассеты



Заготовки до (слева) и после обжига

с отверстиями в эластичном материале, в которых заготовки самых малых габаритов уже не удерживаются. Для работы с ними, в первую очередь с типоразмером 0402, и нужна новая машина. У нее кассеты жесткие; снизу на них наклеивается липкая пленка, и после легкого прижатия заготовки надежно фиксируются в отверстиях.

Финальная операция этапа серебрения – вжигание пасты в течение 1 ч при температуре 750–790 °С. После этого на выборке в 30 заготовок из каждой партии проводится контроль по внешнему виду и проверка электрических параметров: емкости, тангенса угла диэлектрических потерь, сопротивления изоляции.

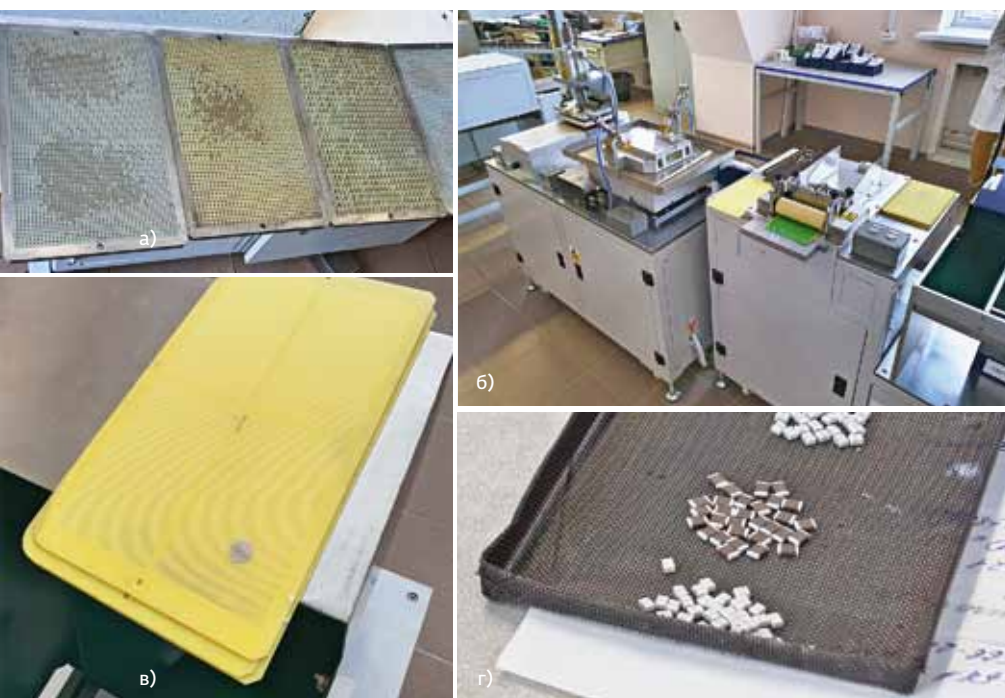
### Безвыводные конденсаторы готовы?

Пока нет. Покрытие электродов у чип-конденсаторов должно сохраняться как минимум год, поэтому на него надо нанести защитный слой. У нас для этого используется горячее лужение или гальваническое покрытие никель/олово.

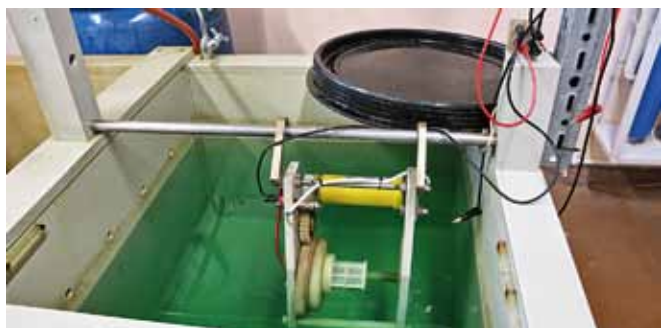
Для нанесения гальванического покрытия заготовки помещаются во вращающийся сетчатый барабан вместе с металлическими шариками, которые нужны для повышения плотности тока в растворе; ток к барабану подводится через ламельный контакт. Понятно, что, поскольку процесс гальванический, то никель оседает только на металлизированных участках заготовок. Получаемый подслоя никеля на разных типах наших конденсаторов имеет толщину от 2 до 6 мкм, олова – от 6 до 10 мкм.

После нанесения гальванического покрытия чип-конденсаторы готовы. Их высыпают на сито, промывают, сушат и передают на выходной контроль.

Заготовки, предназначенные для выводных конденсаторов, поступают на участок пайки выводов. Здесь установлены три линии, работающие с конденсаторами разных размеров.



Изготовление наружных электродов: а – эластичные кассеты для серебрения; б, в – новая установка серебрения китайского производства и жесткая кассета для нее; г – заготовки после серебрения



Нанесение гальванического покрытия: барабан на подвесе в ванне с раствором

Процесс начинается с нарезки проволоки, формовки законцовок и размещения полученных выводов в кассетах-держателях. Полуфабрикаты конденсаторов подаются из вибробункера и фиксируются в законцовках выводов, кассеты подогреваются, погружаются в припой, и происходит пайка.

#### Каким образом производится корпусирование конденсаторов варианта «а» и варианта «б»?

Конфигурация корпуса в варианте «а» задана в КД, он создается путем ручной заливки компаунда в форму. Вариант «б» просто окунается в компаунд, эта операция производится в специальной установке.

Вариант «а» соответствует требованиям военной приемки, поскольку его корпус имеет опорную площадь, которой «садится» на плату, и поэтому вариант «а» лучше приспособлен к эксплуатации в условиях перегрузок.

Маркировка на корпуса конденсаторов наносится лазерным маркировщиком. Они готовы, остается только их проверить и упаковать.

#### Выходной контроль готовых конденсаторов производится так же, как заготовок после серебрения, – на выборке от каждой партии?

Нет, проверяется каждое изделие – наши компоненты предназначены для специальной техники, и постановка контроля у нас очень жесткая. Каждый выходящий с завода



Пайка выводов: а – одна из линий пайки выводов; б – заготовки с припаянными выводами

конденсатор проходит наш выходной контроль, проверку ОТК, каждая партия предъявляется представителю заказчика.

Для электрических проверок у нас имеется ряд установок, изготовленных в разные годы разными производителями. На одной из них, сделанной в Китае, измеряют сразу все три контролируемых параметра: емкость, тангенс угла потерь и сопротивление изоляции. Остальные проверяют только первые два, а сопротивление изоляции контролируется на отдельных установках.

#### У вас есть вариант упаковки в блистерную ленту. Как он реализован?

Ожидаем появления автоматического упаковщика, а пока это делается вручную. На данный момент это не критично: большинство заказчиков приобретает конденсаторы в россыпи.



Выходной контроль:  
а – проверка внешнего вида;  
б – помещение установок электроконтроля





Ручная упаковка в ленту на настольном полуавтомате ТМ-50

### Чем вы объясняете такое предпочтение?

Тем, что почти ни у кого из наших заказчиков нет оборудования для автоматического монтажа. На тех предприятиях, которые выпускают продукцию общего назначения, автоматические монтажные линии, как правило, имеются. Но наши клиенты принадлежат к другому сегменту рынка, в котором внесение изменений в конструкторскую документацию – дело небыстрое, трудоемкое и затратное. А в КД записано – паять вручную...

### По технологической цепочке конденсаторов мы прошли от керамического порошка до склада готовой продукции. Хотелось бы посмотреть на производство фильтров.

Парафинсодержащий шликер для корпусов фильтров загружают в формовочную установку с подогреваемым бункером, из которого выдавливают в пресс-форму, охлаждаемую водой для ускорения затвердевания шликера. «Сырые» корпуса помещаются в короба с порошком – так обеспечивается нужный режим их прогрева при обжиге, позволяющий аккуратно удалить связующее вещество и в результате получить требуемую механическую точность будущих фильтров.

### Из каких элементов, помимо корпуса, состоит фильтр?

Проходной помехоподавляющий фильтр – это коаксиальная конструкция, основным элементом которой является трубчатый или дисковый конденсатор, а индуктивный элемент выполнен в виде центрального токоведущего провода, на который надет сердечник – трубка из ферромагнитного материала.

Нужную форму пакету-заготовке емкостного элемента придают на фрезерном станке. Далее необходимо сформировать электроды, то есть произвести металлизацию заготовки по внутреннему и внешнему диаметру пастой на основе порошка оксида серебра.

На этом участке все операции выполняются вручную, что требует от работников высокой квалификации и ответственности.



Формовка корпусов фильтров

На внутреннюю поверхность паста наносится с помощью вращающейся оправки, имеющей форму сверла. Паста поступает по канавкам «сверла» и распределяется по поверхности в процессе осевого движения заготовки. Одновременно с помощью кисточки, закрепленной в держателе станка, паста наносится на наружную поверхность заготовки.

Для самых мелких изделий используется не оправка-«сверло», а ершики разных размеров, которые изготавливаются здесь же, на участке. Кисточки также имеют различные размеры, так как емкость конденсаторного элемента зависит от ширины электрода.

После нанесения пасты заготовки сушатся и обжигаются, в результате чего из пасты удаляется органика, а металлическая фракция вжигается в керамику. Режимы сушки и обжига зависят от конструкции изделия, вида пасты, типа керамики.

### Насколько равномерным получается слой пасты?

Операция серебрения подразумевает четырехкратное покрытие обеих поверхностей с обжигом после каждого нанесения пасты.



Детали фильтра: а – по отдельности; б – вместе





Инструменты нанесения металлизации: а – оправки; б – кисточки

На следующем этапе к посеребренным заготовкам припаиваются выводы и втулки, тем самым формируется внешний вывод будущего изделия.

На участке применяются два вида пайки. Первый – ручная пайка паяльником. Заготовки предварительно разогреваются, температура паяльника регулируется и периодически контролируется.

Пайка наиболее крупных изделий производится при помощи преформ – колечек припоя. Их мы тоже делаем сами; сборка с установленными преформами помещается на плитку, разогревается и распаивается.

#### Фильтры тоже требуют защитного покрытия?

Для защиты керамики от влаги ее покрывают электроизоляционной эмалью, которую наносят кисточкой в несколько слоев с высушиванием каждого слоя. Понятно, что центральный вывод и кольцевой электрод остаются свободными от эмали. Кроме того, некоторые из наших изделий в соответствии с требованиями КД проходят операцию лакирования. Изделие Б23Б герметизируется эластичным эпоксидным компаундом. Это сложный многоэтапный процесс с сушками и дозаливками, занимающий

больше суток; компаунд мы также готовим сами, по своей технологии. В мощных 25-амперных изделиях для закрепления центрального вывода относительно пакета производится дозаливка компаундом другого типа – жестким.

#### Как испытываются фильтры?

Сначала проводится проверка на пробой по напряжению. Испытательные напряжения определены ГОСТом, но в нашем технологическом процессе могут быть записаны и более жесткие условия испытаний.

Затем при помощи цифрового прибора МЦЕ-15АМ проверяется емкость и тангенс угла потерь. Измерение сопротивления изоляции выполняется на приборе Е6-13М или на измерителе иммитанса Е7-20; здесь же измеряется индуктивность. Производится проверка по внешнему виду, по ее результатам изделия с исправимыми дефектами отправляются на их устранение, с неустраняемыми – бракуются, и партия отправляется в ОТК на предъявительские испытания.

Хочу подчеркнуть, что в соответствии со спецификой нашей продукции и требованиями военной приемки у нас организован регулярный всесторонний контроль всего: материалов, технологического процесса, стабильности характеристик выпускаемой продукции. Для этого имеются хорошо оборудованные лаборатории физического и химического анализа, а также испытательная лаборатория, в которой в ходе длительных испытаний с использованием климатических камер и экстремальных электрических режимов проверяется работоспособность и надежность изделий в жестких условиях эксплуатации.

**Спасибо за интересный рассказ.**



Лаборатория химического анализа



Испытательная лаборатория



## РАЗРАБОТКА И ПРОИЗВОДСТВО КЕРАМИЧЕСКИХ КОНДЕНСАТОРОВ И ПРОХОДНЫХ ФИЛЬТРОВ

### СЕРИЙНАЯ ПРОДУКЦИЯ:

- *многослойные конденсаторы* – K10-17, K10-42, K10-47, K10-50, K10-54, K10-57, K10-79, КМК;
- *трубчатые конденсаторы* – ТК, K10-51К, КТП, КТ-1Е;
- *фильтры* – Б14, Б23А, Б23Б, Б28, Б29, Б7-2, Б24.



### НОВЕЙШИЕ РАЗРАБОТКИ:

- *варисторы* ВР-18, ВР-19;
- *фильтры* Б36;
- *конденсаторы* K10-89, K10-90.

[www.kulon.spb.ru](http://www.kulon.spb.ru)



192019, г. Санкт-Петербург,  
ул. Профессора Качалова, д. 3, литер К  
Тел.: +7 (812) 317-33-04,  
Факс: +7 (812) 412-61-63,  
e-mail: [office@kulon.spb.ru](mailto:office@kulon.spb.ru)  
[sale@kulon.spb.ru](mailto:sale@kulon.spb.ru)

Официальный  
поставщик



[www.zolshar.ru](http://www.zolshar.ru)