

01 (30) февраль 2017

ВЕКТОР

ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Научно-практический журнал

ПЕРСПЕКТИВЫ

Антон Большаков
Оксана Чеканова

10 НАСТУПИЛА ЛИ ЭПОХА
АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
В ОТЕЧЕСТВЕННОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ?

ТЕХНОЛОГИИ

Игорь Васильев

18 КОМПЛЕКСНЫЕ РЕШЕНИЯ
ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ
ЗОНДОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ.
ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ
НА ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ
ПЛАСТИНЕ

КАЧЕСТВО

Василий Рыбалко

32 ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА
ЮСТИРОВКИ
СТЕНДОВ ИМИТАЦИИ
ПРОСТРАНСТВЕННОГО
ДВИЖЕНИЯ



Новый язык управления производством

LOGOS

Цифровая
система
управления



Система LOGOS разработана специалистами Группы компаний Остек для управления производственными процессами на современных российских предприятиях. Система открывает новые возможности по сбору и обработке информации, необходимой для принятия решений, от которых зависят качество, сроки и эффективность работы предприятия.

Протестируйте систему бесплатно!*

Преимущества системы

- исчерпывающая и объективная картина производства для руководителя предприятия;
- прозрачность производственных процессов на всех уровнях;
- прослеживаемость продукции по всему технологическому циклу;
- оперативное и перспективное планирование на основе точных данных;
- диагностика и предупреждение отклонений по качеству, срокам и эффективности;
- сокращение издержек за счет оптимизации ресурсов и снижения доли незавершенного производства.

* Для получения бесплатной 30-дневной полнофункциональной версии системы обращайтесь по тел.: (495) 788-44-44.



будущее
создается

www.logos-system.ru
(495) 788 44 44
logos@ostec-group.ru





Уважаемые читатели!



Производство прогрессивных электронных и радиоэлектронных приборов требует от специалистов понимания процессов, происходящих в нашей отрасли во всем мире. Конечно, интернет давно стал неисчерпаемым источником информации об уже проверенных решениях и самых последних новинках. Но разработчики и производственники – люди практичного и критичного склада ума, и они предпочитают самостоятельно разбираться во всех деталях. Одной из уникальных площадок, где возможно одновременно «вживую» увидеть и сравнить решения, оборудование и материалы самых разных поставщиков, являются выставки.

Наступивший 2017 год богат на интересные мероприятия. В нашей отрасли самые основные выставки это, наверное, ЭлектронТехЭкспо 2017, которая пройдет в Москве с 25 по 27 апреля, и Productronica 2017, которая пройдет в Мюнхене с 14 по 17 ноября.

И если до выставки Productronica еще далеко, и, к сожалению, не все специалисты могут себе позволить поездку в Мюнхен, то до ЭлектронТехЭкспо осталось уже совсем немного времени. Мы активно к ней готовимся и с радостным предвкушением ждем встречи с вами! В следующем выпуске журнала «Вектор высоких технологий» мы подробнее расскажем о том, что хотим представить вам на нашем стенде в этом году.

Планируйте поездку в Москву на выставку ЭлектронТехЭкспо 2017 с 25 по 27 апреля и приглашайте ваших коллег!

Ждем вас на нашем стенде!

Антон Большаков, директор по маркетингу

В НОМЕРЕ

НОВОСТИ

- 4 БОЛЕЕ 150 ЕДИНИЦ ОБОРУДОВАНИЯ И МАТЕРИАЛОВ ПРЕДСТАВИТ ОСТЕК НА ВЫСТАВКЕ ЭЛЕКТРОНТЕХЭКСПО 2017
- 8 КОМПАНИЯ IBL-LÖTTESCHNIK GMBH ОТМЕТИЛА 30-ЛЕТНИЙ ЮБИЛЕЙ, ПРЕДСТАВИВ НОВЫЙ МОДЕЛЬНЫЙ РЯД СИСТЕМ ПАЙКИ В ПАРОВОЙ ФАЗЕ
- 9 ГК ОСТЕК – ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР МАТЕРИАЛОВ ALLRESIST НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ



ТЕХНОЛОГИИ стр. 18

ПЕРСПЕКТИВЫ

НАСТУПИЛА ЛИ ЭПОХА АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ? 10

Авторы: Антон Большаков, Оксана Чеканова



ТЕХНОЛОГИИ стр. 24

ТЕХНОЛОГИИ

КОМПЛЕКСНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЗОНДОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ. ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ НА ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ ПЛАСТИНЕ 18

Автор: Игорь Васильев

3D-ПЕЧАТЬ ПО ТЕХНОЛОГИИ MOVINGLIGHT®: ВЫГОДА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА 24

Автор: Алла Аспидова, Виктория Нестерова



КАЧЕСТВО стр. 36

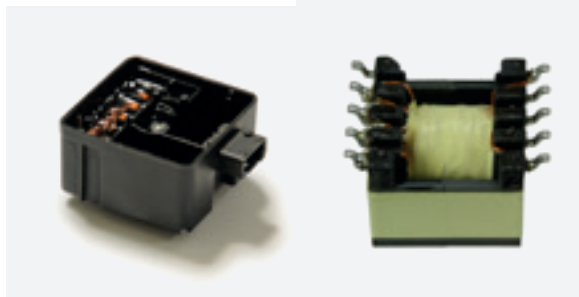
КАЧЕСТВО

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ЮСТИРОВКИ СТЕНДОВ ИМИТАЦИИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ДВИЖЕНИЯ 32

Автор: Василий Рыбалко

ИМПУЛЬСНЫЙ ТЕСТЕР — ПРИБОР ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ИЗОЛЯЦИИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ПРИ РЕМОНТЕ И ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ. 36

Автор: Алексей Юдин



ОПТИМИЗАЦИЯ стр. 42

ОПТИМИЗАЦИЯ

ЗАЛИВКА МОТОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ — ПЛЮСЫ ТЕХНОЛОГИИ 42

Авторы: Владислав Киструль, Роман Лыско

ТЕХПОДДЕРЖКА

АБРАЗИВ СПЕШИТ НА ПОМОЩЬ. ЧАСТЬ 2. ПЕРВАЯ РОССИЙСКАЯ УСТАНОВКА МИКРОАБРАЗИВНОГО УДАЛЕНИЯ ВЛАГОЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ «БОРЕЙ» 46

Автор: Денис Поцелуев

ТЕХПОДДЕРЖКА стр. 46



АВТОРЫ НОМЕРА

Антон Большаков

Директор по маркетингу
ООО Предприятие Остек
marketing@ostec-group.ru

Оксана Чеканова

Ведущий специалист группы маркетинговых исследований дирекции по маркетингу
ООО Предприятие Остек
marketing@ostec-group.ru

Игорь Васильев

Ведущий инженер группы технической поддержки отдела КИП ООО «Остек-Электро»
ostecelectro@ostec-group.ru

Алла Аспидова

Отдел развития ООО «Остек-СМТ»
3d@ostec-group.ru

Виктория Нестерова

Главный специалист отдела развития
ООО «Остек-СМТ»
3d@ostec-group.ru

Василий Рыбалко

Технический директор ООО «Остек-Тест»
test@ostec-group.ru

Алексей Юдин

Ведущий инженер группы электротехники технологического отдела ООО «Остек-Электро»
ostecelectro@ostec-group.ru

Владислав Киструль

Ведущий инженер отдела главного технолога ООО «Остек-ЭТК»
cable@ostec-group.ru

Роман Лыско

Заместитель коммерческого директора по маркетингу ООО «Остек-ЭТК»
cable@ostec-group.ru

Денис Поцелуев

Начальник отдела продаж
ООО «Остек-Интегра»
materials@ostec-group.ru

НОВОСТИ

БОЛЕЕ 150 ЕДИНИЦ ОБОРУДОВАНИЯ И МАТЕРИАЛОВ ПРЕДСТАВИТ ОСТЕК НА ВЫСТАВКЕ ЭЛЕКТРОНТЕХЭКСПО 2017

Участие Группы компаний Остек в выставке ЭлектронТехЭкспо, которая пройдет в Москве с 25 по 27 апреля, станет беспрецедентным по количеству демонстрируемых решений, программного обеспечения, оборудования и материалов. Это позволит профессионалам в области электроники и радиоэлектроники ознакомиться с самыми полезными и актуальными в настоящее время решениями. О планах и задумках на выставку рассказал директор по маркетингу ГК Остек Антон Большаков.

Из года в год Остек солидно представлен на выставке ЭлектронТехЭкспо. С чем это связано? Компания таким образом демонстрирует свою лидерскую позицию на рынке?

В нашем понимании любые выставки и ЭлектронТехЭкспо в частности – это, в первую очередь, уникальная платформа, позволяющая посетителям в одно время и в одном месте решить сразу несколько задач. Не секрет, что интернет стал основным источником информации об оборудовании и технологиях. Но увидеть оборудование вживую, а тем более сравнить возможные варианты, поговорить сразу со всеми специалистами – техническими специалистами, менеджерами, руководителями компаний – пожалуй, возможно только на выставках. Выставка ЭлектронТехЭкспо един-



ственное столь масштабное мероприятие в нашей отрасли. Выше можно поставить только международную выставку Productronica в Мюнхене, но не каждый отечественный специалист имеет возможность ее посетить, да и проводится она один раз в 2 года.

На отечественном рынке мероприятие такого уровня, как ЭлектронТехЭкспо, проводится один раз в год, поэтому «у вас не будет второго шанса, чтобы произвести первое впечатление». Все участники стараются продемонстрировать самые востребованные образцы оборудования и материалов, а также представить новинки, договариваясь с поставщиками об их первой демонстрации на выставке. И Остек не исключение. Мы знаем, что большинство наших клиентов посещает эту выставку, доверяет ей как информационной площадке, поэтому мы стремимся помочь посетителям стенда получить информацию о самом широком спектре производственных вопросов, таких как: производство электронных компонентов, печатных плат, сборка радиоэлектронных

приборов, оснащение рабочих мест, испытания, электрический контроль и многое другое. Поэтому масштабы участия являются не самоцелью, а следствием масштаба деятельности компании, что, конечно, подтверждает и позицию лидера рынка.

Какие новинки будут представлены в этом году на стенде Остека?

Выставочная экспозиция еще находится в стадии формирования, и пока рано говорить о конкретных единицах оборудования. За месяц-полтора до начала выставки мы начнем информировать наших клиентов о том, что будем показывать на стенде и, конечно, о представляемых новинках. По многолетнему опыту организации выставки знаю, что новинки будут практически у каждого направления деятельности Остека. Ведь именно они интересуют многих специалистов, посещающих выставку.

А пока немного приоткрою завесу: помимо оборудования иностранного производства на стенде будут представлены новые образцы оборудования собственной разработки



и производства Остека. Лично мне представляется очень интересным прогресс в наших разработках программного обеспечения – то, что можно определить как Индустрия 4.0. С Индустрией 4.0 связаны и так называемые цифровые производственные технологии, благодаря уникальным возможностям которых, например, аддитивного производства (3D-печати), компьютерной томографии и 3D-сканирования, производители получают уникальные возможности в оперативности и гибкости производства прототипов, образцов и конечных изделий.

Кроме знакомства с оборудованием, какие еще возможности предоставляет выставка посетителям?

Как уже говорилось, мы рассматриваем выставку именно как информационную платформу, и знакомством с оборудованием посещение клиентами нашего стенда не ограничивается. Специалисты, конечно, идут за конкретными и предметными решениями своих непосредственных задач. Но я бы еще отметил такие важные составляющие

участия в выставке как общение и сбор информации.

Общение на выставке с поставщиками и стендистами, а также с другими посетителями – очень важный момент. Именно на выставке сосредоточена высочайшая концентрация экспертов в одном месте и в одно время. Можно всех сразу поймать и со всеми пообщаться. И почему бы заранее не продумать, как повысить эффективность этого общения? Заранее договориться о встречах, взять с собой документацию или, например, образцы? Чем обсуждать задачу на словах, лучше ее показать. Многие участники стремятся не только выставить оборудование или показать его работу в демонстрационном режиме, но и обеспечить полную работоспособность отдельных единиц. А это уже на выставке дает возможность провести эксперименты и тесты вашего оборудования. С точки зрения экономии времени лучше договориться об этом с нашими специалистами заранее, чтобы они могли решить все организационные вопросы, такие как: настройка оборудования, подготовка программ и т. д.

Немаловажно общение с другими посетителями выставки. Все они эксперты в самых разных областях. Информация из первых рук по опыту работы с тем или иным оборудованием и поставщиком оказывается очень ценной для принятия взвешенных решений. Это отличная возможность установить полезные знакомства и профессиональные связи.

Много лет от выставки к выставке наблюдаю, что посетители стесняются заговорить со стендистами или с другими посетителями. На зарубежных выставках такого нет, и может быть это черта нашего русского характера. По моему мнению, посещение выставки без общения – это неиспользованные возможности.

И все это возможно успеть за один день?

На посещение выставки масштаба ЭлектронТехЭкспо я бы рекомендовал закладывать не менее двух дней. Я сам неоднократно сталкивался с эффектом, когда разбегаются глаза при первом входе на крупную международную выставку. И вроде у тебя есть конкретные цели и назначены встречи, но ты



не можешь спокойно и взвешенно их решать, так как подсознательно опасаясь, что не успеешь все осмотреть. А представьте, если на выставку запланирован всего один день! Поэтому я бы рекомендовал начать с общего осмотра. Так сказать, с «высоты птичьего полета» оценить расположение стендов и компаний, отметить наиболее интересные экспонаты, после чего выработать удобный для себя алгоритм посещения стендов для общения со стендистами и осмотра представленного оборудования. При этом постарался бы запланировать работу таким образом, чтобы успеть посетить и мероприятия деловой программы с презентациями на стенде. Я считаю, что при системном подходе потребуется несколько дней для полноценного посещения выставки. Могу поделиться несколькими лайфхаками, как сейчас модно говорить. Так, немногие посетители обращают внимание на то, что последний, третий, день выставки 27 апреля продлен до 18-00 часов. В этот день примерно с полудня посетителей совсем немного, и появляется отличная возможность про-

вести встречи с представителями компаний в спокойной обстановке. Еще один момент связан с тем, что осмотр выставки при кажущейся простоте – тяжелый труд. Я проводил эксперимент и засекал расстояние, преодолеваемое за дни выставки. Очень часто получает в 3-4 раза больше, чем в обычный день. И информационная нагрузка получается очень высокой. Поэтому желательно продумать удобную одежду и обувь, удобную сумку/рюкзак для рекламных материалов и запланировать перерывы для отдыха на 15-20 минут. Например, присесть на нашем стенде и выпить чай, кофе или прохладительные напитки.

Планируется ли деловая программа на вашем стенде?

Конечно, мы планируем демонстрации оборудования и презентации. Они стали уже неотъемлемым атрибутом участия в выставке. Может, с одной стороны, это создает на стенде шум, что вредит комфортному общению, с другой – большинство посетителей такие демонстрации воспринимает «на ура», что подтверждается количеством зрителей. Часто

на нашем стенде демонстрации идут практически нон-стоп. Для нас как организаторов это интересная задача – необходимо организовать эффективные комфортные условия работы для тех, кто общается со стендистами, и для зрителей демонстраций. Если какая-то демонстрация вами пропущена – не беда, обычно мы их повторяем на следующий день, или можно попросить менеджеров провести индивидуальный показ.

Отмечу деловую программу, которую предлагают организаторы выставки. Обычно семинары, конференции, круглые столы, проводимые поставщиками, отраслевыми сообществами и ассоциациями дают очень ценную информацию, которую сложно получить другим способом (не во время выставки). А в обмен на визитную карточку докладчики могут поделиться материалами докладов, что облегчает работу – можно не так подробно стенографировать выступления, а только фиксировать самые важные мысли.

Еще один интересный формат, предложенный несколько лет назад организаторами выставки, – «Конкурс пайки ИРС», где монтаж-



ники из разных городов могут померяться мастерством и определить самого лучшего и умелого. Остек планирует поддержать проведение этого конкурса.

За итоговой программой деловых мероприятий можно следить на сайте организаторов ЭлектронТехЭкспо и на сайтах поставщиков. На сайте ГК Остек www.ostec-group.ru мы обязательно будем публиковать наши анонсы и обновления программы.

Итак, вы участник выставки и находитесь в активной подготовке. А нужно ли заранее готовиться посетителям?

Наверно, посещение выставки не требует подготовки за 3-4 месяца, но все же предварительная подготовка необходима.

Я предлагаю начать с формулирования целей посещения и ваших актуальных проблем – обсудить их в коллективе и даже зафиксировать письменно. После этого станет понятно, кому и зачем нужно ехать на выставку. А для молодых специалистов поездка может стать отличной мотивацией и поощрением. Я рекомендую заранее ознакомиться со

схемой выставочных залов, с деловой программой, анонсами экспонентов и распланировать время с целью его максимально эффективного использования. Например, заранее назначить встречи с менеджерами-стендистами – на каждой выставке есть пиковое время, менеджеры это очень хорошо знают, поэтому могут предложить время, наиболее комфортное для общения.

Есть еще один, казалось бы, совершенно незначительный момент, но он позволяет существенно сэкономить время – нужно заранее зарегистрироваться и получить билет на выставку, чтобы не терять время

на входе в выставочные павильоны, а сразу приступать к осмотру. Со своей стороны, мы обязательно сделаем рассылку на форму регистрации. А оптимизировать бюджет на поездку можно, заблаговременно забронировав билеты и гостинцу, если вы едете на выставку из другого города. И, конечно, необходимо вовремя позаботиться о том, чтобы заказать достаточное количество визитных карточек. Во время выставки они разлетаются очень быстро!

Благодарим Вас за интересную беседу!

С 25 по 27 апреля ГК Остек приглашает всех читателей журнала «Вектор высоких технологий» посетить стенды компании В101, В103, В104, В105, В201 на выставке ЭлектронТехЭкспо в МВЦ «Крокус Экспо», павильон 1, зал 4.

КОМПАНИЯ IBL-LÖTTECHNIK GMBH ОТМЕТИЛА 30-ЛЕТНИЙ ЮБИЛЕЙ, ПРЕДСТАВИВ НОВЫЙ МОДЕЛЬНЫЙ РЯД СИСТЕМ ПАЙКИ В ПАРОВОЙ ФАЗЕ

17 января 2017 года в городе Кенигсбрунн, Германия, прошла презентация нового модельного ряда систем пайки в паровой фазе, приуроченная к 30-летию со дня основания компании IBL-Löttechnik.

В 1985 году инженер Хельмут Ляйхт (Helmut Leicht), проводя исследования для своей научной работы, озадачился поиском способа групповой пайки уже появившихся в то время компонентов поверхностного монтажа. Опробовав наиболее распространенные способы ИК-нагрева и конвекции и сочтя их неподходящими для конкретного применения, Хельмут обратился к пайке в паровой фазе. Собрав первую систему у себя в гараже, он получил оптимальный результат для своей экспериментальной работы и уже в 1987 году организовал серийное производство парофазных установок под брендом IBL-Löttechnik, объединив вокруг себя талантливых инженеров и рабочих.

С тех пор компания IBL является бесспорным лидером по производству систем конденсационной пайки. Исследования, проведенные компанией по данной технологии, а также целый ряд запатентованных инновационных решений превратили IBL в главный ориентир и модель для подражания для компаний, стремящихся производить парофазные системы.

К своему юбилею компания IBL подготовила обновление модель-



ного ряда, а именно: на базе самой успешной линейки Premium (установки серий SLC, BLC и VAC) построены системы, обладающие таким же уникальным функционалом, но с целым рядом улучшений, направленным на повышение качества пайки, снижение расхода теплоносителя и удобства эксплуатации.

Самое заметное изменение коснулось непосредственного управления процессом. Вместо контроллера с небольшим дисплеем системы по умолчанию комплектуются промышленным компьютером с 15" сенсорным монитором. Благодаря такой комплектации создание программ становится более удобным, а также появляется возможность контролировать процесс пайки и анализировать полученные температурные профили. Функция прослеживаемости позволяет сохранять все параметры программы и все предупреждения, полученные в процессе работы, вместе с данными платы.

Небольшие изменения претерпела зона пайки. Новая конструкция в значительной степени упрощает процедуру технического обслуживания ванны с теплоносителем. На выходе из зоны пайки установлены более мощные вентиляторы для охлаждения печатного узла.

Для систем VAC изменился дизайн вакуумного блока, поменялась помпа откачки пара, появилась воз-

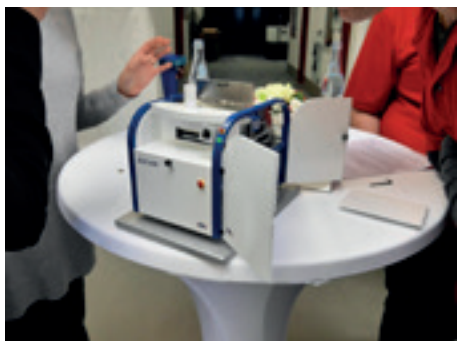


можность создания нескольких циклов вакуума в одном процессе.

Внешний вид систем также немного изменился, но сохранил свой узнаваемый дизайн.


Но главное, новые установки сохранили свои не имеющие аналогов преимущества систем Premium, среди которых:

- возможность комбинирования таких параметров как мощность, время, высота платы и температура при создании температурного профиля, позволяющая строить абсолютно любые температурные профили с соблюдением требуемых градиентов;
- «пилотный режим», позволяющий легко создать необходимую программу пайки и при этом получить требуемую температуру непосредственно на плате;
- наличие нескольких каналов контроля температуры, расположенных на разном уровне;
- возможность дооснащения широким набором опций, включая конвейер;
- для систем VAC – формирование зоны вакуума непосредственно в зоне пайки, что исключает такие факторы, как: выход платы из инертной среды и последующее окисление паяных соединений, увеличение времени цикла и, как следствие, рост интерметаллидов, а также «скачков температуры».



Новый модельный ряд систем Premium, который теперь будет иметь обозначения BLC 420, BLC 620, BLC 820, VC745 и VAC765, был представлен в новых цветах, доступных по запросу для заказчика.

Участники мероприятия, количество которых составило около 80 человек более чем из 40 стран мира, положительно оценили представленные решения. Гости выразили мнение, что инновации позволят упрочить техническое превосходство систем IBL над конкурентами, а также отметили открытость компании в получении обратной связи от своих клиентов. Именно эта обратная связь и стала основой для внесения изменений в, казалось бы, практически идеальные системы.

В завершение презентации сотрудники компании подготовили для Хельмута Ляйхту сюрприз – миниатюрную действующую модель установки SLC509. Этот подарок стал неким символом тридцатилетия, уходящего вместе с самой популярной на сегодняшний день системой пайки. 

ГК ОСТЕК – ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР МАТЕРИАЛОВ ALLRESIST НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

Группа компаний Остек и компания ALLRESIST GmbH подписали соглашение о том, что с 1 января 2017 года Остек является официальным дистрибьютором материалов ALLRESIST на территории Российской Федерации.

Компания ALLRESIST GmbH уже много лет занимает одну из лидирующих позиций на мировом рынке по производству и поставкам материалов для фото- и электронно-лучевой литографии, а также сопутствующих материалов для химических процессов в технологии производства электронных компонентов.

Компания разрабатывает и производит высококачественные резисты для большинства задач в области оптической и электронной литографии, а также резисты для обратной (взрывной) литографии, для гальванического осаждения и резисты с высоким разрешением. Уникальные характеристики резистов ALLRESIST позволяют создавать передовые микро- и нанoeлектронные устройства.


Среди перспективных продуктов компании ALLRESIST выделяется позитивный электронный резист AR-P 6200 (CSAR-62). Этот материал обладает высокой стойкостью

ALLRESIST



к травлению в плазме по сравнению с резистами на основе ПММА и позволяет создавать элементы шириной в единицы нанометров. AR-P 6200 может быть использован в тех же областях, что и японский резист ZEP-520. Основными преимуществами резиста AR-P 6200 перед ZEP являются более гибкие условия поставки (сроки, логистика, объёмы) и цены.

Отличительная черта продукции компании ALLRESIST GmbH на протяжении многих лет – это стабильное качество, подтвержденное многочисленными международными сертификатами (DIN EN 9001:2008, ISO 14001:2004 и т. д.). Возможность поставки материалов с изменяемыми и адаптированными параметрами в соответствии с конкретными требованиями заказчика дает практически безграничный потенциал решений различных индивидуальных задач.

Группа компаний Остек уже приступила к регулярным поставкам материалов ALLRESIST российским заказчикам и приглашает к сотрудничеству и совместной успешной реализации проектов и интересных задач в области производства изделий микроэлектроники. 

ПЕРСПЕКТИВЫ

Наступила ли эпоха аддитивных технологий в отечественной промышленности?

Текст: **Антон Большаков**
Оксана Чеканова

Аддитивные технологии избалованы вниманием СМИ, создающих вокруг них настоящую шумиху. Только за последние два года количество запросов в поисковых системах по словосочетанию «аддитивные технологии» выросло в три раза! И если в начале 2015 года источниками новостей были зарубежные компании – печать первых 3D-домов, первых 3D-двигателей и т. д., то пик интереса, пришедшийся на осень 2016 года, связан с российскими источниками информации – крупные отечественные корпорации заявили о внедрении аддитивных технологий. А эксперты предсказывают новые промышленные революции, связанные с «цифровым производством», неотъемлемой частью которого являются аддитивные технологии¹.

Но означает ли резкий скачок интереса к аддитивным технологиям, что они достигли того уровня развития, за которым их массовое распространение уже невозможно остановить? Не мешает ли шумиха «видеть лес за деревьями»? Увлекательное занятие – делать красивые прогнозы будущего аддитивных технологий. Но как обстоят дела на самом деле? Как воспринимают аддитивные технологии отечественные производители и разработчики, каковы их опасения, ожидания и надежды? Чтобы ответить на эти вопросы, а также сформировать актуальное видение перспектив развития аддитивных технологий в России, дирекция по маркетингу ГК Остек перед X Международным симпозиумом Асолд «Аддитивные технологии. Чем удивить искушенного промышленника?», состоявшемся в ноябре 2016 года, провела маркетинговое исследование.

1 IEEE CS 2022 Report. Alkhatib H., Faraboschi P., Frachtenberg E.: IEEE, February 2014

Исследование проводилось среди участников симпозиума в форме онлайн-опроса. Общее количество опрошенных составило 131 человек. Их отраслевой профиль представлен на рис. 1. Среди респондентов преобладают представители радиоэлектронной промышленности (43%), но есть и специалисты из других отраслей – авиация и космос (33%), машиностроение (25%), нефтегазовая промышленность (14%) и т. д. Услуги только 3D-печати представляли 6% респондентов.

Проведенное исследование дает уникальную возможность изучить ожидания представителей радиоэлектронной промышленности в отношении применения аддитивных технологий. Дело в том, что несмотря на ажиотаж со стороны СМИ, вопросу оценки перспектив внедрения аддитивных технологий в радиоэлектроннику, базовую для многих других отраслей промышленности, уделяется недостаточное внимание. Но как показали результаты опроса, это не означает, что такие перспективы отсутствуют либо ограничены. Напротив, многие уже не только где-то слышали или читали об этой чудо-технологии, но и находятся в процессе её активного освоения. Так, на вопрос «Используете ли вы аддитивные технологии на вашем предприятии?» (рис. 2) 42% опрошенных ответили «Уже используем». Такое количество положительно ответивших означает, что несмотря на молодость технологии, многие производители уже владеют ценным практическим опытом по данной теме. А 51% опрошенных заявили, что в ближайшие 3-5 лет планируют освоить аддитивные технологии, что говорит о впечатляющих перспективах роста рынка при благоприятном стечении факторов.

Для оценки мнения отечественных производителей об уровне готовности аддитивных технологий к промышленному применению респондентам было предложено указать по 7-балльной шкале степень своего согласия с одной из двух противоположных формулировок: «Аддитивные технологии – это сырая неотработанная технология» или же, напротив, «Надежная и проверенная технология». В результате 60% респондентов оценили уровень готовности аддитивных технологий в 4-5 баллов, что ближе к формулировке «надежная и проверенная технология». Среди ответов присутствовали и крайние варианты: 4% посчитали, что технология не готова, и 4%, что, напротив, технология является надежной и проверенной. Накладывая полученные результаты на концепцию «Уровней готовности технологий» (Technology Readiness Level (TRL)), разработанную NASA² для оценок в области технологического развития, мы видим, что большинство ответов соответствует уровню: получен опытный образец в производственных условиях, продемонстрированы возможности технологий в условиях, близких к реальным (рис. 3).



1. Распределение участников опроса по отраслям промышленности



2. Большинство участников опроса уже использует или планирует внедрение аддитивных технологий



3. Оценка «уровней готовности» аддитивных технологий

2 Technology Readiness Level, NASA, https://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/engineering/technology/txt_accordion1.html

51 % респондентов планируют в ближайшие 3-5 лет освоить аддитивные технологии

Различия в восприятии уровня «готовности» аддитивных технологий, полученные по результатам опроса, скорее всего обусловлены разной степенью внедрения технологии в той или иной отрасли. Уже сегодня есть примеры продукции и проектов, в которых аддитивная технология оказывается предпочтительнее традиционных методов производства. В первую очередь, в медицине – впечатляют примеры реконструкции черепа или протезов, спасших человеческие жизни. Аддитивные технологии полностью готовы для применения в стоматологии: печать коронок, вставок, вкладышей и медицинских инструментов, с применением этих технологий уже серийно производятся слуховые аппараты³.

Стоимость стандартных компонентов, произведенных по аддитивной технологии, пока еще выше стоимости серийных компонентов, изготовленных традиционными способами. В связи с этим с экономической точки зрения внедрение аддитивных технологий перспективно для изготовления компонентов с уникальными техническими и массогабаритными характеристиками или удовлетворения уникальных потребностей клиентов при «массовой кастомизации». В аэрокосмической промышленности, благодаря свободе создания геометрических форм, аддитивная технология впервые позволила изготовить «бионические конструкции», открыв новые перспективы для создания изделий облегченной конструкции. Компания Airbus оснащает кабины самолетов модели A350 XWB кронштейнами из титанового порошка, изготовленными по принципам бионики. Эти кронштейны на 30 % легче своих предшественников, при этом отходы сырьевого материала уменьшены на 90 %. Результат – снижение се-

60 % респондентов оценили аддитивную технологию как надежную и проверенную

бестоимости производства и эксплуатационных расходов⁴. В противоположность этому примеру в автомобильной промышленности с учетом больших объемов партий и давления со стороны себестоимости в среднесрочной перспективе не ожидается широкого внедрения аддитивных технологий в серийное производство.

Согласно результатам опроса, изготовление прототипов по-прежнему остается самым популярным применением аддитивного производства. При ответе на вопрос «Для каких целей и задач вы используете или планируете использовать аддитивные технологии на вашем предприятии?» (рис. 4) 66 % респондентов выбрали вариант «Для прототипирования». Это модельные прототипы, наглядные пособия, презентационные модели, модели для литья, обучающие модели, модели для исследований. Такое количество ответов связано с тем, что производительность, стоимость материалов, управление процессом печати не являются критическими для прототипирования. Будучи впервые использованной для создания прототипов, технология 3D-печати постоянно совершенствуется и позволяет изготавливать инструменты и производственные компоненты, удовлетворяющие требованиям по качеству и техническим характеристикам.

На расширение областей использования аддитивных технологий указывает то, что 61 % респондентов назвали производство элементов и комплектующих в качестве потенциальных областей применения. Но для широкого промышленного применения должна быть продемонстрирована способность технологии производить детали экономично, массово и со стабильным качеством. Со временем можно ожидать естественного



4

Цели и задачи, для которых планируется использовать аддитивные технологии

3 3D printing transforms manufacturing and whets appetite for new investment. Ponfoort O., CECIMO Magazine, 2015

4 Additive Manufacturing – Manufacturing opportunities in digital production. Langefeld B., CECIMO Magazine, 2015

66 % респондентов планируют использовать аддитивные технологии для прототипирования

перехода (так как себестоимость снижается, а качество повышается) от производства прототипов и инструмента к производству конечных продуктов, что явилось бы свидетельством повсеместного внедрения технологий 3D-печати.

Но быстрое изготовление прототипов и инструмента, с одной стороны, и производство конечных продуктов, с другой, – это разные производственные «философии», отличающиеся определенным набором требований и имеющие разных потребителей. Два первых направления в общем случае ориентированы на штучные объемы производства с возможностью выполнения дополнительных ручных операций по «доводке» напечатанных образцов. А при изготовлении готового изделия на одном из первых мест стоит вопрос стабильной повторяемости надежности и качества продукта. Следовательно, готовность технологии для изготовления прототипов и инструмента не подразумевает ее применимость в производстве конечной продукции, в котором она, вероятно, будет только «элементом» производственной цепочки. И в этом большой технологический вызов для аддитивных технологий – подтвердить возможность серийно производить комплектующие соответствующего качества и по адекватной цене в сравнении с традиционными технологиями.

Повышение эффективности производства с применением аддитивных технологий в сочетании со снижением цен на материалы и ожиданием потребителей получать кастомизированные продукты «точно вовремя» будет способствовать расширению областей использования технологии. Прогресс в области материалов и техноло-

51 % респондентов считают неотрабатанность технологии основным фактором, сдерживающим ее внедрение

гических процессов обеспечивает непрерывное развитие не только по всей цепочке создания стоимости в рамках аддитивной технологии, но и по технологической цепочке разработки продукции. Основная причина популярности 3D-печати в последние пять лет заключается в появлении новых технологий производства, новых технологических процессов, материалов и программ САПР, что кардинально раздвинуло границы ее применения. А с расширением портфеля используемых материалов, особенно металлов и керамики, аддитивная технология продолжит свое шествие, чтобы конкурировать с традиционными производственными технологиями.

Показательно, что на вопрос «Какие технологии печати вы используете или планируете использовать?» (рис. 5) почти 41 % респондентов ответили, что не определились.

Такой ответ подразумевает сомнения: «Стоит ли технология того, чтобы вкладывать в нее средства?», «Примут ли наши заказчики изделия, которые мы изготовим по этой технологии?» или «Можем ли мы уже сейчас выполнять печать из материалов, которые используются в традиционных технологиях обработки?». Для большинства, 51 % опрошенных, внедрение АТ – только перспектива 3-5 лет, поэтому они еще далеки от выбора конкретной технологии под свои задачи. В самом деле, тогда как общими терминами «3D-печать» и «аддитивное производство», которые часто употребляются как синонимы, принято обозначать довольно обширную группу технологий (SLA, DMLS, SLS, SLM, EBF, EBM, FDM, и др.), отсутствует четкое понимание, какое из уже существующих решений наиболее оптимально по соот-



5 Технологии печати, которые уже используют или планируют использовать участники опроса

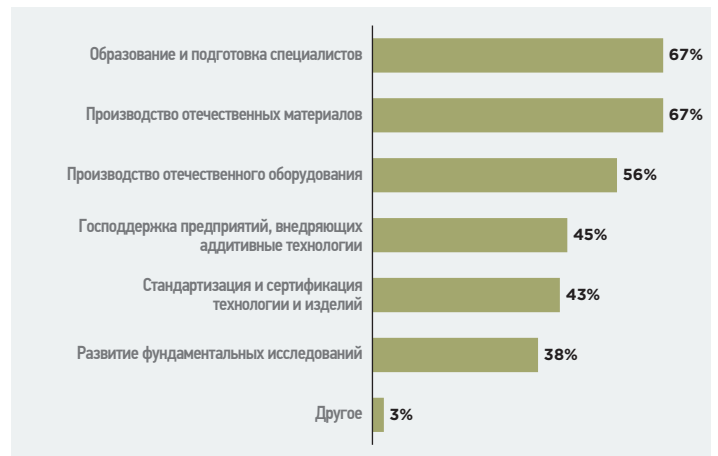


6 Преимущества использования аддитивных технологий

ношению цена/качество для насущных задач. Доступны ли материалы с необходимыми свойствами по приемлемой цене? Так как аддитивная технология – относительно молодая, и информация о параметрах технологического процесса и материалах редко публикуется компаниями, которые работают с ней, по-прежнему есть препятствия на пути принятия ее в качестве основной производственной технологии.

Согласно результатам опроса среди основных преимуществ использования аддитивных технологий специалисты отмечают создание изделий любой геометрической сложности, сокращение времени на разработку, гибкость производственного процесса и сокращение продолжительности производственного цикла (рис. 6). Интересно детальнее проанализировать три последних пункта из перечисленных.

Популярность этих ответов свидетельствует о проникновении в отечественную промышленность гибких методов управления проектами. Суть данного подхода заключается в быстрой генерации и оценке гипотез, проверке соответствия прототипа конструкции требованиям потребителей в целях сокращения времени выхода на рынок и снижения рисков⁵. Современные достижения в технологиях быстрого прототипирования позволяют сделать такой подход значительно проще и дешевле. Предлагаемые конструкторские решения проверяют, демонстрируя их заинтересованным сторонам, — клиентам, заказчикам, инвесторам, маркетологам. В результате определяется вся необходимая информация для подготовки качественного ТЗ и бизнес-плана. Благодаря потенциалу аддитивных технологий команда разработчиков получает возможность работать быстрыми и короткими корректирующими циклами (спринтами), быстро проверять свои гипотезы на клиентах, учиться на ошибках, вносить необходимые изменения и снова тестировать. Продуктами спринта смогут быть полно-размерные макеты, функциональные модели, макеты для проверки совместимости деталей и материалов. Разрабатывая прибор, мы можем не только работать с документацией, но и с конкретными физическими объектами, проверять как они выглядят, как функционируют. Либо представить прототип прибора потребителю, узнать, что он об этом думает, и внести необходимые коррективы. Таким образом, происходит обучение от цикла к циклам, появляется возможность быстро реагировать на изменения рынка и расставлять приоритеты разрабатываемых функций, не тратить время на ненужные и невостребованные рынком характеристики. В результате сокращается длительность проектов, а также их бюджет.



7

Факторы, способные ускорить процесс внедрения аддитивных технологий в России



8

Факторы, тормозящие процесс внедрения аддитивных технологий на предприятиях

Благодаря своим особенностям аддитивная технология подрывает основы традиционных технологий производства и цепочек создания стоимости по следующим направлениям:

- Быстрое и дешевое мелкосерийное производство изделий по индивидуальному заказу.
- Реализация гибких процессов разработки нового продукта.
- Изготовление компонентов сложных геометрических форм из высокотехнологичных материалов.
- Децентрализация производства в связи с возможностью изготовления компонентов на периферии, например, на принтерах в удаленных сервисных центрах или на борту различных транспортных средств.

⁵ Гибкий процесс разработки продукта: как качественно сформулировать требования для нового рынка? Большаков А., Научно-практический журнал «Вектор высоких технологий» №6 (27), 2016 г.

67 % респондентов считают, что образование и подготовка специалистов могут ускорить внедрение аддитивных технологий

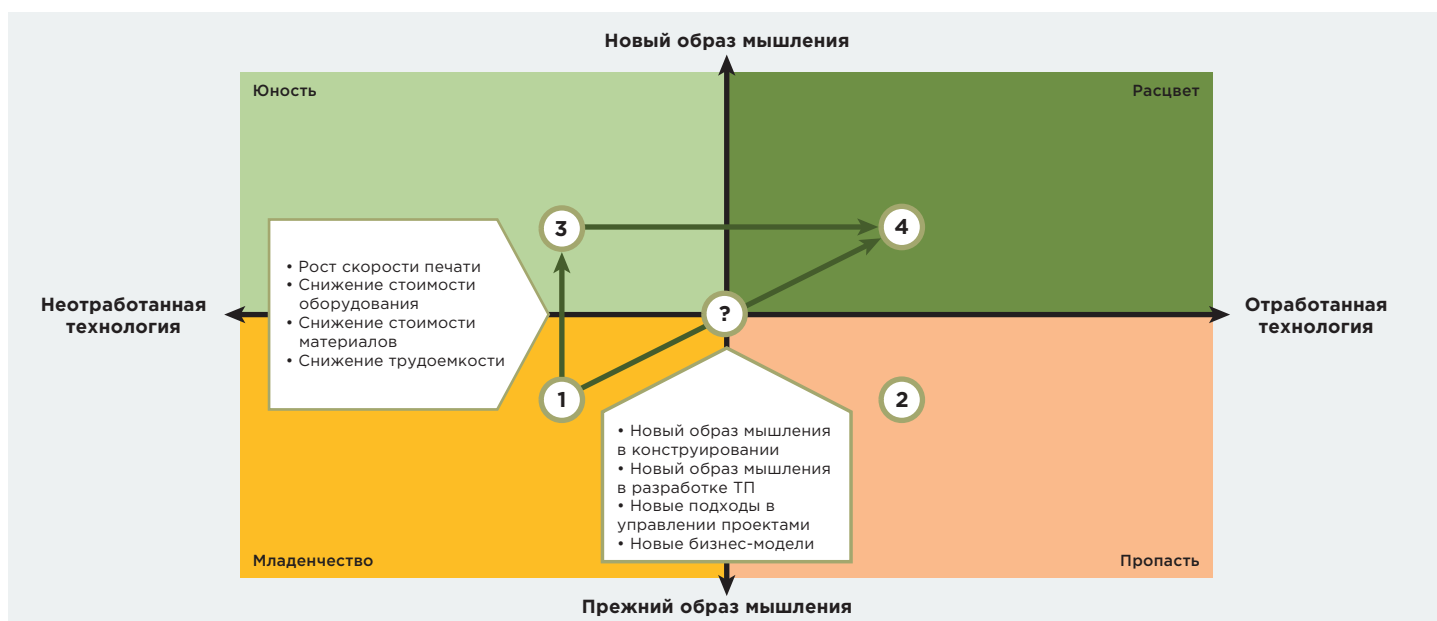
Среди основных драйверов, которые могли бы ускорить процесс внедрения аддитивных технологий в российскую промышленность (рис. 7), 67 % респондентов указали образование и подготовку специалистов. В широком смысле это может означать также изменение образа мышления управленцев и специалистов о том, как работать с конструкторской документацией, разрабатывать конструкцию и технологические процессы, управлять проектам, в конце концов – делать бизнес.

Столько же ответивших считают, что подстегнуть развитие технологии в России, в первую очередь, должно производство отечественных технологических материалов и оборудования. Вместе с тем многие уповают на государственную поддержку, так как в Национальной технологической инициативе, обозначенной Президентом РФ в Послании Федеральному собранию 4 декабря 2014 года, аддитивные технологии отмечены как одни из ключевых направлений развития^{6,7}.

Мы видим, что появляется много информации о новых областях применения аддитивных технологий, однако мы видим и то, что многие предприниматели и руководители компаний до сих пор проявляют мало энтузиазма по этому поводу. По мнению респондентов,

одним из основных факторов, сдерживающих внедрение аддитивной технологии в отечественную промышленность, является ее неотработанность (рис. 8). Но действительно ли технология сырая и неотработанная или отсутствует возможность предметно разобраться, какие именно технологии позволят решать конкретные производственные задачи? Возможно, это как раз второе, поскольку среди барьеров роста одним из популярных ответов был назван «недостаток информации о возможностях технологии». Также среди сдерживающих факторов участники опроса отмечали стоимость оборудования, материалов и стандартизацию. При этом санкции не были названы существенными ограничителями в России.

По результатам опроса были обозначены два наиболее влиятельных фактора, определяющих дальнейшие сценарии развития аддитивных технологий на производственных предприятиях⁸. Первый фактор – это отработанность технологии, второй – изменение образа мышления. Комбинация факторов дает четыре различных сценария событий, которые можно представить в виде матрицы (рис. 9): отработанная технология – неотработанная технология.



9 Крест сценариев развития аддитивных технологий в производстве

6 <http://kremlin.ru/events/president/news/47173>

7 <https://asi.ru/nti/>

8 Scenario Planning. The link between future and strategy. Lindgren M., Bandhold H., PALGRAVE MACMILLAN, 2003 г.

Сценарий «Младенчество» – один из четырех вариантов сценария, соответствующий текущей ситуации, когда небольшая группа энтузиастов развивает технологии, ищет им применение. Но пока окончательно непонятно, вырастет ли применение до массового, составит ли конкуренцию традиционным технологиям или так и останется нишевым.


Сценарий «Рассвет» – противоположный «Младенчеству». Это уже зрелая отрасль со своей цепочкой создания ценности, клиентами, поставщиками, сервисными компаниями. Вопрос в том, насколько быстро может быть реализован позитивный или катастрофический сценарий.

Сценарий «Пропасть» – как раз и является тем самым катастрофическим сценарием, при котором с развитием технологий наш образ мышления не будет меняться. Иными словами, там, где наиболее оптимально использовать аддитивные технологии, предпочтение по-прежнему будет отдаваться традиционным подходам,

методам, технологиям. Фактически это будет означать нерациональное использование ресурсов и неэффективное использование возможностей.

Сценарий «Юность» – наиболее реализуемый, предполагающий переход аддитивных технологий в зрелую отрасль, но в течение длительного периода подстегивающих друг друга циклов развития технологий и уровня мышления.

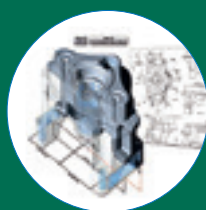
Какие факторы будут способствовать реализации позитивных сценариев? По итогам опросов в группе технологических факторов скорость печати, стоимость печати, стоимость оборудования, стоимость материалов, стабильность процесса и другие аспекты, необходимые любой новой технологии, чтобы стать зрелой. В группе факторов, связанных с изменением образа мышления, – изменение подходов к конструированию, к разработке производственных процессов, управлению проектами, развитию бизнеса, работе с клиентами.

В ближайшие 5-10 лет на аддитивное производство во всем мире возлагают много надежд. Важно вовремя разглядеть возможности аддитивной технологии для решения как насущных, так и перспективных задач, и начать извлекать пользу из ее преимуществ. Поэтому мы намерены продолжать наблюдение и знакомить вас с тем, что будет происходить с технологией в динамике и как будет меняться восприятие и образ мышления представителей промышленности. 



Литье

- Отработка технологии литья
- Поиск и анализ пустот, раковин и включений



Механообработка

- Контроль качества геометрии ответственных деталей сложной формы
- Обратное проектирование



Электроника

- Контроль печатных плат, компонентов и качества пайки
- Исследование совмещения слоев, дефектов металлизации



Материаловедение

- Исследования внутренней структуры материалов
- Расчет физических свойств материалов



Исследования

- Полезные ископаемые и геологические образцы
- Принципы работы механизмов
- Криминалистика

Лаборатория промышленной томографии: экспертный контроль качества и проведение исследований

- Самая крупная в Восточной Европе
- Оснащенная передовым оборудованием

Лаборатория создана на базе Центра технологий контроля (ЦТК), предназначенного для решения широкого спектра производственных и научных задач.



будущее
создается



Channel Partner
GE Oil & Gas

www.ostec-ct.ru
(495) 788 44 41
info@ostec-ct.ru



ТЕХНОЛОГИИ

Комплексные решения для проведения ЗОНДОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ. Особенности измерений на полупроводниковой пластине



Текст: **Игорь Васильев**



Контроль электрических параметров является обязательным этапом при производстве устройств электронной техники. А при изготовлении полупроводниковых приборов контроль их характеристик требуется на всех этапах производства. Один из видов такого контроля – зондовые измерения, которые позволяют оценить качество исходной пластины, провести межоперационный контроль, параметрический и функциональный анализ созданного изделия. Кроме того, измерения на пластине проводятся для верификации основных параметров разрабатываемых устройств перед корпусированием для разбраковки и сортировки по градации процента разброса номиналов, что дает возможность избежать дополнительных затрат и снизить себестоимость изготавливаемой продукции.

На первом этапе испытаний выполняются параметрические измерения по постоянному либо низкочастотному сигналу без проверки функционала устройства. В этом случае на вход устройства подается сигнал, и регистрируется отклик на выходе. Как правило, параметрический контроль включает в себя ВАХ-, ВФХ- и импульсные измерения. Выполнив параметрические измерения, можно составить карту пластины и определить долю бракованных устройств. Исходя из полученных данных и процентного соотношения выхода годных кристаллов на пластине, проводится оценка качества и эффективности технологического процесса изготовления кристаллов. Высокая доля бракованных структур свидетельствует о проблемах в технологическом процессе.

На следующем этапе тестирования выполняется полный набор методик измерения и контроля характеристик исследуемого устройства (ИУ), благодаря чему можно построить поведенческую модель для описания ИУ. Такая модель включает функциональные особенности прибора и позволяет производить дальнейшую доработку его характеристик посредством компьютерного моделирования и создания нового технологического процесса.

Несмотря на то, что кристаллы, расположенные на одной подложке, проходят единый технологический процесс, всегда существует некоторый разброс параметров устройств. С помощью зондовых измерений можно провести сортировку изготовленных устройств по категориям в зависимости от отклонения конкретного параметра от требуемой величины. Такая сортировка приборов дает возможность гарантировать заданный уровень точности параметров выпускаемых устройств.

Для выполнения описанных выше измерений необходима зондовая станция (рис. 1), которая позво-



1 Ручная зондовая станция BD-8 компании EverBeing с возможностью проведения СВЧ- и DC-измерений

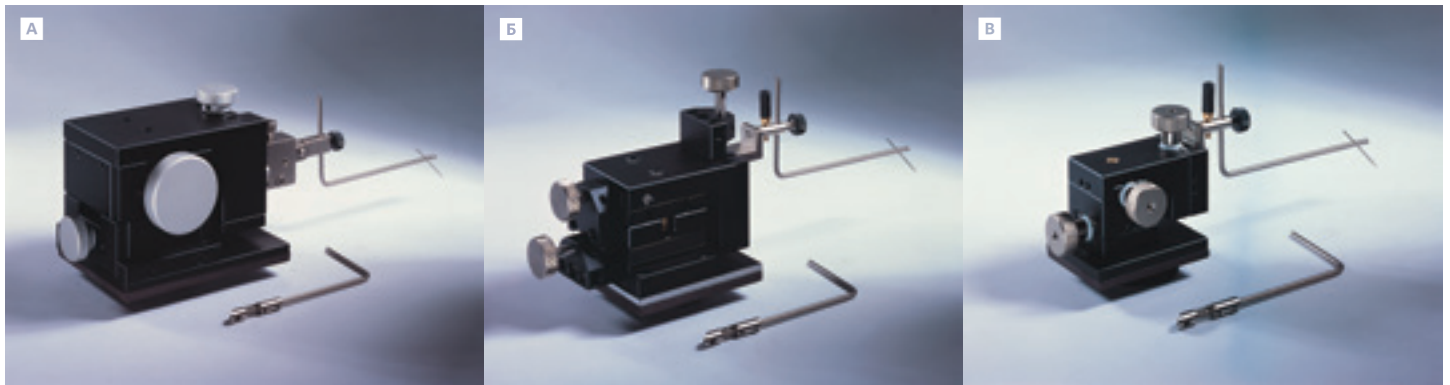
лит соединить исследуемый прибор с измерительным устройством и обеспечит целостность и достоверность полученных результатов. С увеличением рабочих частот и уменьшением размеров разрабатываемых устройств необходимо учитывать некоторые особенности измерений на пластине. Для получения достоверных результатов, в первую очередь, нужно обратить особое внимание на характеристики СВЧ зондовых головок, а также корректное проведение процедуры калибровки. Основные параметры СВЧ зондовой головки:

- небольшие размеры наконечника для уменьшения негативного воздействия на ИУ (емкостная связь);
- постоянное сопротивление на всем протяжении зондовой головки (низкий КСВН);
- малые потери СВЧ-сигнала;
- полоса пропускания, достаточная для тестирования параметров ИУ;
- простота подключения к контрольно-измерительному оборудованию.

Другой важной задачей является устранение влияния паразитного сопротивления кабелей, зондовых головок и контакта с ИУ при измерении. Для получения достоверных результатов необходимо выполнить калибровку в плоскости зонд/ИУ по TRL- (thru-reflect-line), SOLT- (short-open-line-thru) или LRM- (line-reflect-match) методике на специальной калибровочной пластине. Однако даже очень точная калибровка может содержать ошибку. Это обусловлено изменением распределения электромагнитного поля в окрестности зонда на калибровочной подложке и пластине, которое возникает из-за отличия токопроводящих и диэлектрических свойств среды окружения зонда. Поэтому калибровочная подложка должна максимально повторять свойства исследуемой структуры. Кроме того, время между калибровкой и проведением измерений не должно быть слишком большим для устранения дрейфа параметров измерительной системы.

Повторяемость и качество контакта также являются важными критериями. В случае, если СВЧ-головки не выровнены или находятся на разном расстоянии относительно друг друга, результаты измерений будут отличаться. Для выполнения качественного контактирования необходимо использовать микроманипуляторы с высоким разрешением. Например, микроманипуляторы производства компании EverBeing (рис. 2) позволяют осуществлять высокоточное контактирование с разрешением от 0,35 мкм (200 витков на одном дюйме резьбы); могут выполнять прецизионное линейное перемещение в трех направлениях, а также поддерживают зондовые головки для проведения как DC-, так и RF-измерений.

При проведении измерения постоянного тока малых величин требуется тщательно подходить к выбору комплектующих зондовой станции, чтобы исключить влияние как внешних факторов окружающей среды,



2

Микроманипуляторы компании EverBeing:

а) модель EB-005 с разрешением 0,35 мкм; б) модель EB-050 с разрешением 0,8 мкм; в) модель EB-700 с разрешением 1,7 мкм

так и самой зондовой станции на результаты измерения. Во-первых, необходимо учесть, что внешний фоновый шум оказывает существенное влияние на процесс измерений, а держатель пластин представляет собой большую антенну, улавливающую этот шум. Во-вторых, ток утечки обычных коаксиальных кабелей составляет порядка десятка нА, что не позволяет измерять малые токи. Поэтому для снижения токов утечек необходимо использовать триаксиальные кабели, содержащие дополнительный проводник (Guard-экран) с активно управляемым потенциалом, который поддерживается равным потенциалу сигнального проводника (рис. 3). При измерении токов в фемптоамперном диапазоне помимо всего перечисленного необходимо полностью изолировать зондовую станцию от внешних воздействий (механические вибрации, электромагнитные и электростатические помехи, воздействие света), а также использовать соответствующее контрольно-измерительное оборудование с заведомо большей точностью измерения.

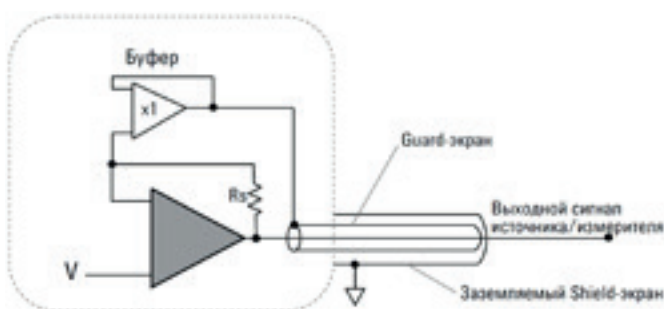
При измерении ВФХ возникает другая особенность, которая связана с уменьшением скорости измерения за счет наличия паразитной емкости держателя пластин и влияния пьезоэлектрических эффектов, возникающих при сгибании и перемещении кабелей. Устранение паразитной емкости и снижение токов утечки оборудование EverBeing обеспечивает благодаря специальному подключению держателя пластин, которое, по аналогии с

триаксиальными кабелями, содержит защитный Guard-экран (рис. 4). Реализация такой системы подключения позволяет исключить влияние обозначенных негативных эффектов и увеличить скорость измерения.

Термоизмерения – еще один непростой момент при измерениях на пластине. Здесь возникает целый ряд проблем, связанных как с самой системой терморегулирования, так и с появлением дополнительных внешних источников помех:

- Система регулирования представляет собой электронную систему, поэтому она является источником шума.
- Во время измерений на высоких температурах возникает окисление исследуемого устройства, вследствие чего могут заметно меняться измеряемые параметры.
- При работе в области низких температур происходит выделение влаги из воздуха и её конденсация на зондовых головках и на образце в виде инея, что также ведет к искажению результата измерений.

Для решения описанных проблем компания EverBeing предлагает держатели пластин с системой терморегулирования высокой точности (точность поддержания температуры 0,1 °С) и малыми шумами (до 10 фА). В зависимости от потребностей система может работать в диапазоне отрицательных температур как от жидко-



3

Упрощенная схема управления Guard-экрана в триаксиальном кабеле



4

Схема подключения держателя пластин для снижения собственной емкости и токов утечки

го азота, так и от охлажденного воздуха. Специальная система вентиляции устраняет из области измерения воздух, вытесняя его азотом. Благодаря этому решается проблема с окислением при высоких температурах и конденсацией влаги при низких.

Перечисленные проблемы являются значимыми при проведении зондовых измерений, однако это не полный их перечень. При организации рабочего места на конкретном участке возможно возникновение целого ряда специфических трудностей, которые не удастся решить стандартными средствами. В таких случаях инженеры компании EverBeing могут доработать или модифицировать любое стандартное оборудование под конкретные нужды пользователя. Кроме того, EverBeing предлагает готовые комплексные решения, которые гарантируют токи утечки не более 10 фА и возможность проведения термоизмерений в диапазоне температур от -60 до 300 °С. Решение включает в себя непосредственно зондовую станцию, термостол с воздушной системой регуляции нагрева, виброизоляционный столик и экранированную камеру. Уникальность такого решения состоит в возможности его модульной комплектации и дооснащения в зависимости от требований конкретной задачи.

Для автоматизированного измерительного комплекса, состоящего из зондовой станции и измерительного оборудования, существует возможность написания специального программного обеспечения, которое даст возможность проводить заданный набор тестов и забраковывать кристаллы по категориям в зависимости от разброса их характеристик. Такой подход позволяет объединить оборудование от разных производителей в единый измерительный комплекс, что обеспечивает гибкость при проведении измерений.

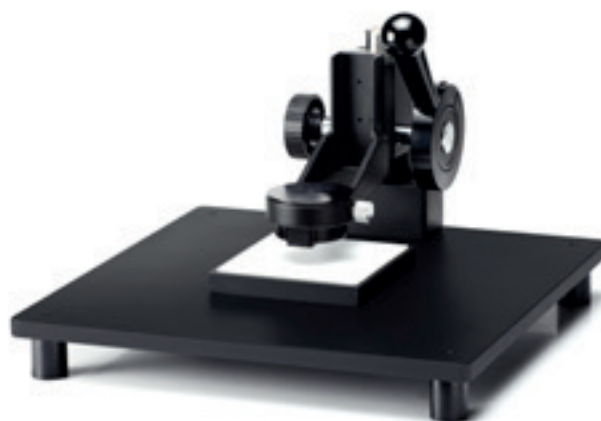
Кроме стандартного оборудования компания EverBeing предлагает решения для проведения измерений на пластинах при криогенных температурах.

Установка CG-196 (рис. 5) позволяет работать в широком диапазоне температур от -196 до 1000 °С при давлении до 0,1 Па. Охлаждение происходит с помощью жидкого азота, который поступает из входящего в комплект сосуда Дьюара и контролируется с помощью соответствующего клапана и давления подаваемого азота (газа). Органы управления микроманипуляторов расположены за пределами камеры, что дает возможность оператору корректировать положение игл без необходимости разгерметизации установки. Это особенно удобно при работе на очень низких или высоких температурах, так как из-за термического расширения или сжатия материалов необходима корректировка положения игл для обеспечения качественного контакта. Микроскоп расположен на специальной раме и может легко перемещаться, когда требуется вскрытие камеры или установка игл на контактные площадки. Собственная разработка и изготовление позволяют снизить стоимость такой установки на 30-40 % по сравнению с аналогами на российском рынке.


В технологии производства кремниевых интегральных схем и при отработке новых технологических процессов особо важным является контроль удельного сопротивления полупроводниковых и металлических функциональных слоев. Для этих целей компания EverBeing предлагает установку SR-4 (рис. 6), которая с помощью четырехзондового метода позволяет определить поверхностное и удельное сопротивление. Особенностью данной установки является простой способ контактирования к исследуемому образцу и возможность проведения измерений при разных температурах. Помимо этого, установка на зондовую станцию магнитопроводов для измерения эффекта Холла, позволяет определить дополнительные характеристики материала, такие как: концентрация, тип и подвижность носителей заряда.



5 Криогенная зондовая станция CG-196 позволяет проводить измерения в диапазоне от -196 до +1000 °С при давлении 0,1 Па



6 Установка для измерения физических параметров материалов четырехзондовым методом

Используя оборудование компании EverBeing можно создать автоматизированный измерительный комплекс, удовлетворяющий современным требованиям, предъявляемым к зондовым измерениям (T1), и тем самым обеспечить контроль электрических параметров при производстве устройств электронной техники. 

T1

Преимущества оборудования компании EverBeing

ЗАДАЧА	РЕШЕНИЕ ОТ EVERBEING	ПРЕИМУЩЕСТВА
Воспроизводимый механический контакт с ИУ	Прецизионные микроманипуляторы с разрешением от 0,35 мкм	<ul style="list-style-type: none"> Высокоточное линейное перемещение по трем осям Оптимальное соотношение цена/качество Собственное производство в Тайване
Снижение влияния зондовой станции и внешних воздействий на результаты измерений	Подключение по схеме Кельвина держателя пластин для снижения паразитной емкости, специальные держатели игл с малыми токами утечки, экранированные камеры, виброизоляционные столы	<ul style="list-style-type: none"> Проведение измерений с точностью до 10 фА, снижение емкости держателя пластин Доработка стандартных решений под конкретные нужды заказчика Исключение влияния света и вибрации
Проведение термоизмерений	<p>Системы терморегулирования на основе жидкого азота или охлажденного воздуха</p> <p>Система вентиляции для работы в области высоких и низких температур</p>	<ul style="list-style-type: none"> Возможность проведения измерений в широком диапазоне температур (-65 до +300 °С) Устранение проблемы с окислением образца на высоких температурах и с выпадением инея на низких Уровень цен на 30-40 % ниже по сравнению с аналогичной продукцией, представленной другими компаниями на российском рынке
Докомплектация зондовой станции	Модульная система оборудования, позволяющая дооснащать станцию дополнительными опциями	<ul style="list-style-type: none"> Возможность поэтапного оснащения зондовой станции Более гибкий подход при выборе оборудования Дооснащение станций сторонних производителей
Автоматизация процесса измерений	Специальное программное обеспечение, написанное под нужды заказчика	<ul style="list-style-type: none"> Создания автоматизированного измерительного комплекса «под ключ» Увеличение скорости проведения измерений Вывод результатов измерений в удобном для заказчика виде
Проведение криогенных или высокотемпературных измерений	Криогенные станции низкого давления	<ul style="list-style-type: none"> Проведение измерений в диапазоне от -196 до +1000 °С при давлении 0,1 Па Вывод органов управления положением микроманипуляторов за пределы камеры для удобного контактирования Легкий способ перемещения микроскопа благодаря креплению на специальной раме
Измерение электрических параметров материалов	<p>Четырехзондовые установки для измерения удельного и поверхностного сопротивления</p> <p>Установки для измерения эффекта Холла</p>	<ul style="list-style-type: none"> Измерение удельного сопротивления пластин диаметром от 50 до 300 мм при разных температурах (150, 300, 400 и 500 °С) Измерение концентрации, типа и подвижности носителей заряда



Экономичность

До 5 раз дольше по сравнению с другими отмывочными жидкостями работают жидкости Zestron, производимые по запатентованной MPC-технологии и обладающие уникальным составом.

Подтвержденное качество

Более 10 лет жидкости Zestron успешно применяются в отечественном производстве РЭА ответственного и военного назначения, обеспечивая высокое качество отмывки и надежный результат.

Максимальная совместимость

Уникальный состав обеспечивает максимальную совместимость жидкостей со всеми узлами и деталями оборудования для отмывки, способствуя продолжительному сроку службы оборудования и минимизируя расходы на обслуживание и простои.

Контроль и стабильность

Только Zestron предлагает специальные тестовые наборы для контроля состояния раствора отмывочных жидкостей для своевременной корректировки концентрации и состояния раствора, обеспечивая максимальную стабильность и надежность процесса отмывки.

Эффективность и универсальность

Жидкости Zestron гарантированно и качественно удаляют более 500 видов материалов для пайки.

ZESTRON
High Precision Cleaning



Никаких полумер. Вся полнота преимуществ

Оригинальные отмывочные жидкости Zestron гарантируют непревзойденное качество отмывки и стабильность результата. Широкий ассортиментный ряд позволяет подобрать отмывочную жидкость для конкретной задачи: в соответствии с типом оборудования и процесса, характером загрязнений, индивидуальными требованиями.

Отличительной особенностью отмывочных жидкостей Zestron является высокая эффективность: качественная отмывка, совместимость с оборудованием и компонентами, экономичность. Жидкости Zestron успешно зарекомендовали себя на ведущих отечественных производствах РЭА.

Официальный эксклюзивный дистрибьютор Zestron Группа компаний Остек обеспечивает высококвалифицированную техническую и технологическую поддержку, поставку со склада и оперативную доставку по всей России с соблюдением всех условий транспортировки и хранения.



будущее
создается

www.ostec-materials.ru
(495) 788 44 44
materials@ostec-group.ru



3D-печать

по технологии
MOVINGlight[®]:
выгода для производства

Текст: Алла Аспидова
Виктория Нестерова

”

Аддитивные технологии сегодня уверенно завоёвывают место в производственном процессе. 3D-принтер давно перестал быть игрушкой в руках энтузиастов-экспериментаторов и превратился в средство производства или, как минимум, в технологическое звено. Например, GE успешно использует металлическую 3D-печать в производстве газотурбинных двигателей и в будущем может стать одним из самых крупных поставщиков оборудования для металлической 3D-печати в мире.

В России уже активно проводятся работы по стандартизации и регламентации использования 3D-принтеров на производстве на государственном уровне. Если еще 10 лет назад в России 3D-принтеры использовались только на некоторых закрытых предприятиях, то в течение ближайших 10 лет мы вполне можем увидеть изменение привычных циклов и принципов производства за счёт внедрения аддитивных технологий в промышленных масштабах. Благодаря созданию новых материалов даже давно известные технологии, такие как стереолитография (SLA) или наплавка пластиковой нити (FDM), получают второе дыхание и новые, ранее неопробованные, применения в производственном процессе.

ООО «Остек-СМТ» предлагает не просто решения для 3D-печати на производстве, но и проводит собственные исследовательские работы, позволяющие выгодно применять уже существующие технологии для решения сложнейших задач. В статье мы поделимся с вами новым взглядом на стереолитографию или 3D-печать светотверждаемым фотополимером – расскажем о технологии MOVINGlight®.

О технологии MOVINGlight®, её преимуществах и особенностях напечатанных изделий

3D-печать началась с технологии стереолитографии. Она появилась в 80-х годах XX века в США, применялась также и в СССР. Всё довольно просто: построение модели происходит в баке с жидким фотополимером, изделие в программном обеспечении виртуально разбивается на слои, а ультрафиолетовый лазер, установленный сверху, засвечивает фотополимер по форме каждого слоя. В 2010-х годах технологию модернизировали: в технологии MOVINGlight® вместо медленного лазера используется быстрый ультрафиолетовый проектор, который, перемещаясь, позволяет производить перво-

классные изделия до десяти раз быстрее, чем по первоначальной технологии SLA. Кроме того, спектр применяемых материалов расширили от высокотемпературных пластиков до оксидной (технической) и биокерамики (рис. 1). Результат печати по технологии MOVINGlight® – точные пластиковые и керамические изделия с очень высоким качеством поверхности: Ra 0,5 – 5 мкм. В данной технологии достижима точность до 0,1 % от линейных габаритов изделия, а аппаратное разрешение такого 3D-принтера позволяет печатать 605 x 605 x 1016 DPI (разрешение порядка 40 мкм).

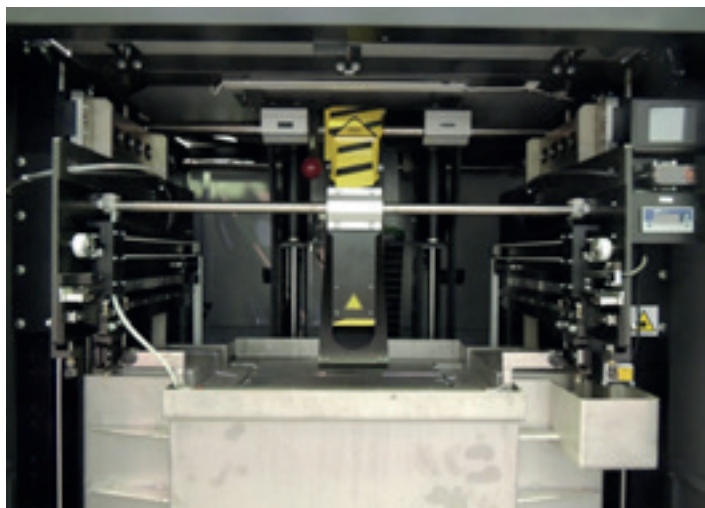
Габариты печатающей зоны позволяют применять технологию MOVINGlight® для печати как небольших, так и крупных изделий с максимальными габаритами до 800 × 330 × 400 мм. Сама технология предусматривает большое разнообразие применяемых материалов, а значит и многофункциональность принтера. Многообразие материалов позволяет внедрять эффективные решения для послойного аддитивного наращивания во многих областях, включая биомедицину и промышленность T1.

Применение технологии MOVINGlight®: инъекционное литьё, вакуумная формовка, литьё в силикон

Перечисленные в T1 характеристики делают технологию MOVINGlight® идеальной не только для печати высокоточных прототипов (рис. 2), но и для создания промышленной оснастки, а в некоторых случаях и конечных изделий.

Далее мы рассмотрим примеры применения технологии MOVINGlight® в таких областях, как печать пластиком, литьё и 3D-MID.

Уже сейчас напечатанные по технологии MOVINGlight® прототипы используют как мастер-модели для литья в силикон, но наиболее интересным с точки



1

Рабочая область 3D-принтера Prodways, работающего по технологии MOVINGlight®



2

Функциональный прототип, напечатанный по технологии MOVINGlight® из керамонаполненного пластика

зрения производства оснастки будет применение, связанное с прямой 3D-печатью пластиковых пресс-форм для инъекционного литья пластиков, а также для вакуумной формовки. Для данных задач применяется температуростойкий материал PLASTCure Rigid 10500 с добавлением керамического порошка. Формы из керамонаполненного пластика PLASTCure Rigid 10500 выдерживают температуры в зависимости от геометрии отливаемой детали и геометрии охлаждающих каналов. Теплостойкость на изгиб при 0,46 МПа ASTM D648 у этого материала составляет 132 °С, однако после закалки можно получить теплостойкость на изгиб при 0,46 МПа ASTM D648 порядка 260 °С.

Для проверки возможности технологии MOVINGlight® в производстве пресс-форм под мелкосерийное инъекционное литье производитель 3D-принтеров, компания Prodways, провела эксперимент по использованию напечатанных пластиковых пресс-форм на производстве. Из материала PLASTCure Rigid 10500 была напечатана двухкомпонентная пресс-форма для инъекционного литья пластиков с учетом особенностей 3D-печати. Задача эксперимента – изготовление не менее 250 отливок из полипропилена и полиформальдегида и не менее 30 отливок из стеклонеполненного полиамида. Размеры деталей – малые и средние, в экспериментах использовались инъекционные машины на 50-100 тонн.

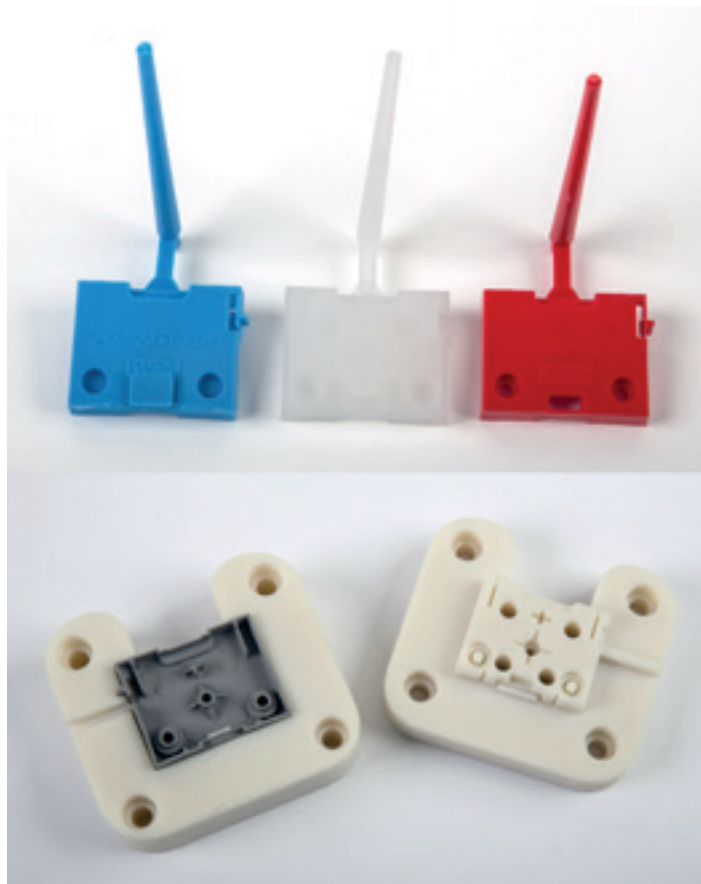
В результате эксперимента удалось получить заданное количество отливок, он признан успешным (рис. 3).

Далее эксперимент расширили, были проведены испытания по литью более широкого круга пластиков.

В результате получено несколько сотен отливок из полипропилена (PP), полиэтилена (PE), полистирола (PS), АБС-пластика (ABS), термопластичных эластомеров (TPE), полиформальдегида (POM), сплава поликарбоната и АБС-пластика (PC+ABS) и полиамида (PA). Несколько десятков отливок возможно сделать из стеклонеполненного полиамида (PA+GF), стеклонеполненного полиформальдегида (POM+GF) и стеклонеполненного поликарбоната (PC+GF).

Преимущества технологии MOVINGlight® в том, что опытную партию пластиковых отливок можно произвести очень быстро с минимальными финансовыми и временными затратами на производство оснастки. Пресс-форма проектируется в САПР и просто печатается на 3D-принтере. В итоге опытное производство можно сократить с нескольких месяцев до одной недели при качестве изделий, аналогичном отливкам в алюминиевые пресс-формы.

Технология MOVINGlight® в сочетании с керамонаполненным пластиком PLASTCure Rigid 10500 позволяет печатать надежную оснастку для вакуумной формовки ограниченной серии изделий либо опытной партии. Преимущества здесь аналогичны, пример использования технологии MOVINGlight® для вакуумной формовки приведен на рис. 4.



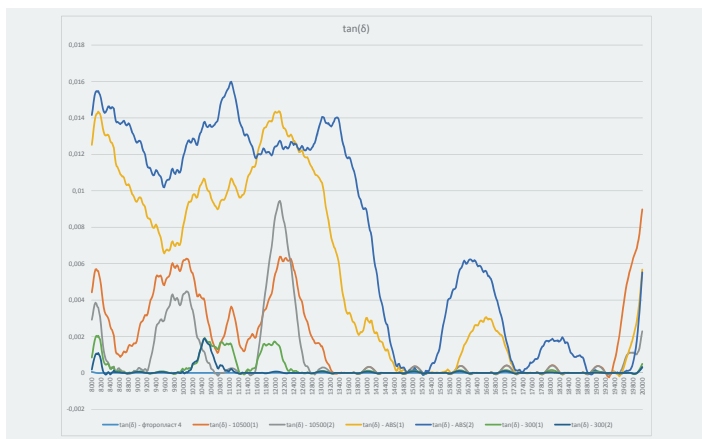
3 Пресс-форма из керамонаполненного пластика PLASTCure Rigid 10500, напечатанная по технологии MOVINGlight®, а также отливки, произведенные в эту пресс-форму

Кроме того, возможность печатать сетчатые внутренние структуры оснастки для формовки позволяет равномернее вакуумировать её, что, в свою очередь, дает возможность добиться более плотного прилегания разогретого листа материала и, следовательно, получить изделие более высокого качества.

Такая оснастка изготавливается порядка двух дней и может быть использована для диапазона от 10 до 100 формовок.



4 Изделия, произведенные вакуумной формовкой по оснастке из керамонаполненного пластика PLASTCure Rigid 10500. Оснастка напечатана по технологии MOVINGlight®

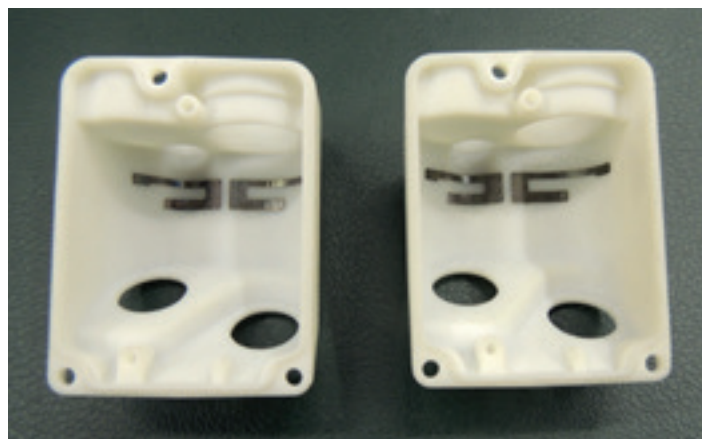


5 Диэлектрическая проницаемость материала PLASTCure Rigid 10500

Остек-СМТ провел собственные опытные работы по применению технологии 3D-печати MOVINGlight® в создании трехмерных схем на пластиках (3D-MID). Трехмерные системы на пластиках состоят из литых термопластиковых оснований с интегрированной системой соединений. Изделия на пластиках позволяют упростить конструкцию, сократить количество сборочных единиц и вес изделий, повысить их надежность. Они обеспечивают огромный технический и экономический потенциал и являются более экологичными по сравнению с обычными печатными платами, однако они их не заменяют, а скорее дополняют. Ключевыми для 3D-MID-технологии являются рынки автомобильной электроники и телекоммуникаций. Помимо них, 3D-MID также подходит для компьютеров, бытовой техники и медицинских технологий.

Между макетированием и серийным производством есть несколько этапов создания прототипов. Изначально создание прототипов для единичного или мелкосерийного производства было либо невозможно, либо дорого. Именно на этом этапе технология MOVINGlight® позволила Остек-СМТ добиться максимальной эффективности.

За счёт высокой температуростойкости материала PLASTCure Rigid 10500, а также его приемлемых показателей диэлектрической проницаемости технологию MOVINGlight® можно использовать для печати прототипов изделий с трехмерными схемами (рис. 5). Пластиковые основания для изделий 3D-MID были напечатаны на принтере из материала PLASTCure Rigid 10500, в то время как трехмерная схема была нанесена на основание с помощью технологии аэрозольной печати проводящим материалом AJP (aerosol jet printing), в нашем случае – серебряным аэрозолем. На рис. 6 показан пример прототипа корпуса с нанесенной на него рабочей Wi-Fi-антенной, произведенной в производственном центре Остек-СМТ с применением технологии 3D-печати MOVINGlight® и технологии AJP для нанесения на пластиковую подложку трехмерной схемы. Таким



6 Пример прототипа корпуса с нанесенной на него рабочей Wi-Fi-антенной

образом, MOVINGlight® позволяет создавать штучные инновационные изделия и прототипы изделий 3D-MID, а именно – пластиковые температуростойкие подложки, что, в свою очередь, открывает небывалые возможности для радиоэлектронной индустрии.

Технология MOVINGlight® стала достойным обновлением давно проверенной и надежной технологии SLA. За счет высоких характеристик новые материалы позволяют использовать 3D-принтер не только для производства высокоточных прототипов из пластика для конструкторского бюро, но и удовлетворять потребности производства в оперативной и высококачественной оснастке для литья пластика и вакуумной формовки, недорогих пресс-форм для мелкосерийного инъекционного литья пластика. За счет высокого качества материалов и низкой шероховатости поверхности теперь возможно создавать инновационные изделия 3D-MID для радиоэлектронных производств, например, антенны на корпусах приборов различной формы и сложности. С технологией MOVINGlight® 3D-печать стала быстрой, качественной и максимально полезной на производстве.

Материалы о технологии MOVINGlight® опубликованы с разрешения компании Prodays.

Получить подробную консультацию, а также записаться на демонстрацию 3D-принтеров, работающих по технологии MOVINGlight®, можно у специалистов ООО «Остек-СМТ» по тел. +7 (495) 788-44-44, e-mail: 3d@ostec-group.ru.


Характеристики материалов, применяемых в технологии MOVINGlight®

	PLASTCURE MODEL 100*	PLASTCURE MODEL 300*
Внешний вид	Непрозрачный материал бежевого цвета	Красноватый непрозрачный материал бежевого цвета
Плотность жидкости (г/см ³)	1,113	1,105
Вязкость при 28°C (сП)	600 - 700	300 - 400
Твердость (по Шору по шкале D)	85 -90	85-90
Прочность на растяжение (МПа) ASTM D638	н/д	н/д
Удлинение на разрыв (%) ASTM D638	н/д	н/д
Модуль упругости на растяжение (МПа) ASTM D638	н/д	н/д
Остаточная зольность	Неприменимо	Неприменимо
Предел прочности на изгиб (МПа) ASTM D790-10	75 - 85	110 - 120
Модуль упругости на изгиб (МПа) ASTM D790-10	1900 - 2100	2300 - 2500
Ударная вязкость по Изоду (Дж/м) ASTM D256A	н/д	н/д
Теплостойкость на изгиб при 0,46 МПа (°C) ASTM D648	н/д	н/д
Технические характеристики	<ul style="list-style-type: none"> ■ Простое построение деталей ■ Высокая точность изготовления компонентов ■ Качественный внешний вид ■ Высокая технологичность 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Высокая точность и отличная разрешающая способность ■ Возможность изготавливать изделия с острыми краями и высоким уровнем детализации ■ Высокая прочность неспеченного материала и хорошие механические свойства
Примеры стандартного применения	<ul style="list-style-type: none"> ■ Изготовление всего спектра моделей зубного ряда от пломбирования до ортодонтического лечения 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Изготовление всего спектра моделей зубного ряда от пломбирования до ортодонтического лечения
Изготовитель	Dreve	Prodways

	PLASTCURE CLEAR 100*	PLASTCURE CLEAR 200*
Внешний вид	Прозрачный материал	Прозрачный материал
Плотность жидкости (г/см ³)	1,113	1,103
Вязкость при 28°C (сП)	600 - 700	500 - 600
Твердость (по Шору по шкале D)	80-85	85-90
Прочность на растяжение (МПа) ASTM D638	н/д	н/д
Удлинение на разрыв (%) ASTM D638	н/д	н/д
Модуль упругости на растяжение (МПа) ASTM D638	н/д	н/д
Остаточная зольность	Неприменимо	Неприменимо
Предел прочности на изгиб (МПа) ASTM D790-10	80-90	110 - 120
Модуль упругости на изгиб (МПа) ASTM D790-10	2000 - 2200	2400 - 2600
Ударная вязкость по Изоду (Дж/м) ASTM D256A	н/д	н/д
Теплостойкость на изгиб при 0,46 МПа (°C) ASTM D648	н/д	н/д
Технические характеристики	<ul style="list-style-type: none"> ■ Ультрапрозрачный материал ■ Конечные изделия биосовместимы ■ Удовлетворяет критериям по раздражению, сенсibilизации и цитотоксичности для биологической оценки медицинских изделий (DIN ISO 10993) ■ Можно подвергать стерилизации паром в течение продолжительного времени (> 15 мин.) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Ультрапрозрачный материал
Примеры стандартного применения	<ul style="list-style-type: none"> ■ Широкий спектр медицинского применения, например, хирургические шаблоны или модели 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Широкий спектр применения в областях, где требуются прозрачные материалы, например, хирургические шаблоны или модели
Изготовитель	Dreve	Prodways

T 1

Характеристики материалов, применяемых в технологии MOVINGlight®

	PLASTCURE CAST 100*	PLASTCURE CAST 200*
Внешний вид	Полупрозрачный материал красного цвета	Полупрозрачный материал оранжевого цвета
Плотность жидкости (г/см ³)	1,095	1,114
Вязкость при 28°C (сП)	100 - 200	250 - 300
Твердость (по Шору по шкале D)	80-85	85-90
Прочность на растяжение (МПа) ASTM D638	40 - 50	н/д
Удлинение на разрыв (%) ASTM D638	3-4	н/д
Модуль упругости на растяжение (МПа) ASTM D638	2300 - 2500	н/д
Остаточная зольность	<0,1%	<0,1%
Предел прочности на изгиб (МПа) ASTM D790-10	90- 100	65 - 75
Модуль упругости на изгиб (МПа) ASTM D790-10	2300 - 2500	1600 - 2000
Ударная вязкость по Изоду (Дж/м) ASTM D256A	н/д	н/д
Теплостойкость на изгиб при 0,46 МПа (°C) ASTM D648	н/д	н/д
Технические характеристики	<ul style="list-style-type: none"> ■ Высокая реакционная способность и низкая вязкость ■ Высокая прочность не спеченного материала, отличная стабильность геометрических размеров ■ Отличные качества для выжигания и низкое содержание остаточного вещества ■ Можно размещать непосредственно при температуре 800 °C 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Хорошая реакционная способность и низкая вязкость ■ Высокая точность ■ Возможность изготавливать детали с острыми краями ■ Превосходные качества для выжигания с зольностью практически равной нулю
Примеры стандартного применения	Отвечает высоким требованиям, предъявляемым к цифровому моделированию	Отлично подходит для прямого литья по выплавляемым моделям или применения в стоматологии
Изготовитель	Dreve	Prodways

PLASTCURE RIGID 10 500*	PLASTCURE ABS 3650*	PLASTCURE ABS 2800*
Непрозрачный материал цвета слоновой кости	Прозрачный материал	Материал белого цвета
1,595	1,109	1,109
650 - 750	100 - 200	140 - 150
90-95	85-90	85-90
68	53	55 - 60
1 -2	9	3-5
10000- 11000	2600 - 3650	2700 - 3000
Неприменимо	Неприменимо	Неприменимо
100 - 140	90- 100	100 - 110
8000 - 10000	2000 - 2200	2600 - 3000
17	20	н/д
132	96	н/д
<ul style="list-style-type: none"> ■ Отличное детальное разрешение и качество боковых стенок ■ Простота обработки ■ Улучшенные термомеханические свойства 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Хорошая химическая стойкость ■ Высокая прозрачность ■ Быстрая адаптация материала к широкому спектру строительных условий ■ Ручная обработка не требуется 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Хорошая химическая стойкость ■ Высокая прозрачность ■ Быстрая адаптация материала к широкому спектру строительных условий ■ Ручная обработка не требуется
<p>Подходит для изготовления деталей, требующих тепловой устойчивости, высокой точности и быстрого цикла обработки. Идеально подходит для изделий, испытываемых в аэродинамической трубе и используемых в уникальных областях применения, подвергаемых скоростной механической обработке или высокотемпературным испытаниям, используемых в качестве трубок для прокладки электропроводки и кожухов в автомобильной промышленности</p>	<p>Идеально подходит для применения в медицине, электронной, аэрокосмической и автомобильной областях промышленности, в которых требуются изделия с низкотемпературной вулканизацией, прочные концептуальные модели, высокая точность, а также изделия, устойчивые к воздействию влаги и температуры</p>	<p>Идеально подходит для применения в медицине, электронной, аэрокосмической и автомобильной областях промышленности, в которых требуются изделия с низкотемпературной вулканизацией, прочные концептуальные модели, высокая точность, а также изделия, устойчивые к воздействию влаги и температуры</p>
DSM Somos	DSM Somos	DSM Somos

КАЧЕСТВО

Теория и практика юстировки стендов имитации пространственного движения



Текст: Василий Рыбалко



«Мы твердо должны придерживаться сознания, — сказал ученый, — что простых вещей во вселенной нет. Нельзя безнаказанно отбросить ни одно происшествие. Во всем, что происходит, всегда есть цель. Всегда есть причина — можете быть уверены, — а в должное время проявится и следствие».
Клиффорд Саймак «Планета Шекспира»

В предыдущих материалах^{1,2} мы рассматривали вопросы выбора оборудования и подготовки места для его размещения. Итак, завершен этап подбора оборудования, выбрано и подготовлено место для размещения – что дальше? Для начала давайте разберемся, что и для чего будем делать при установке и настройке многоосных систем.

Немного теории. Одной из основных проблем при осуществлении навигации является сокращение времени выставки, на которую влияют два фактора: «нестабильность смещения нуля» и «случайное блуждание по углу».

При решении задачи гирокомпасирования инерциальная система раскладывается на две составляющие: горизонтальную (касательную к поверхности Земли) и вертикальную (перпендикуляр к поверхности Земли).

Для любой широты α эти составляющие можно вычислить по формулам:

$$\omega_H = \Omega_E \cos(\lambda); \quad (1)$$

$$\omega_V = \Omega_E \sin(\lambda); \quad (2)$$

При выставке гирокомпас северное направление определяется нахождением направления горизонтальной составляющей скорости вращения Земли в локальной касательной плоскости. Для определения плоскости местного горизонта часто используют два акселерометра, а для измерения местной горизонтальной составляющей угловой скорости – два ортогональных гироскопа, находящиеся в плоскости. Две ортогональные оси гироскопов, X_N и Y_N , измеряют горизонтальную составляющую угловой скорости Земли.

На рис. 1 показаны две ортогональные оси гироскопов, ориентированные под некоторым углом Ψ относительно направления на север. Угол Ψ – истинный курс двухосной системы.

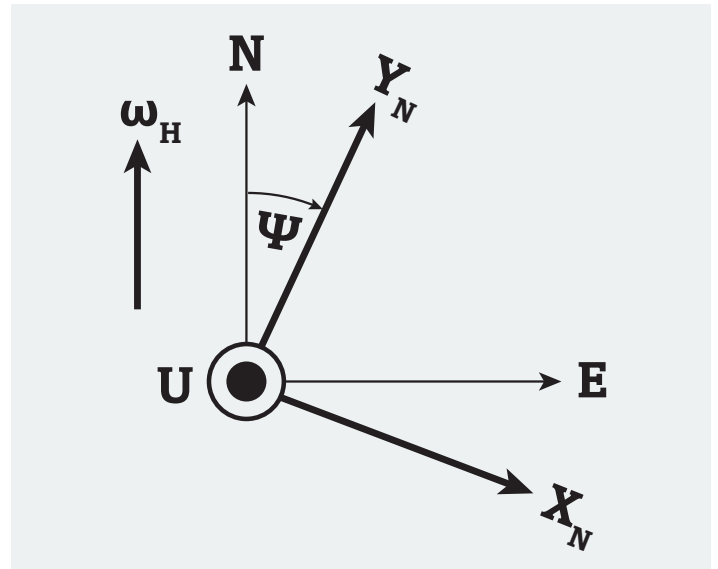
$$\Psi = \arctg\left(\frac{-\omega_{XN}}{\omega_{YN}}\right), \quad (3)$$

Значения ω_{XN} и ω_{YN} – горизонтальные компоненты угловой скорости, измеряемые гироскопами X_N и Y_N соответственно, которые могут быть рассчитаны по следующим формулам:

$$\omega_{XN} = -\omega_H \sin(\Psi), \quad (4)$$

$$\omega_{YN} = -\omega_H \cos(\Psi). \quad (5)$$

В идеальном случае при $\Psi=0$, т. е. когда гироскопы выставлены на север и на восток, выходной сигнал с гироскопа, направленного на восток (X_N), был бы нулевым, но такое возможно только в идеальном мире.

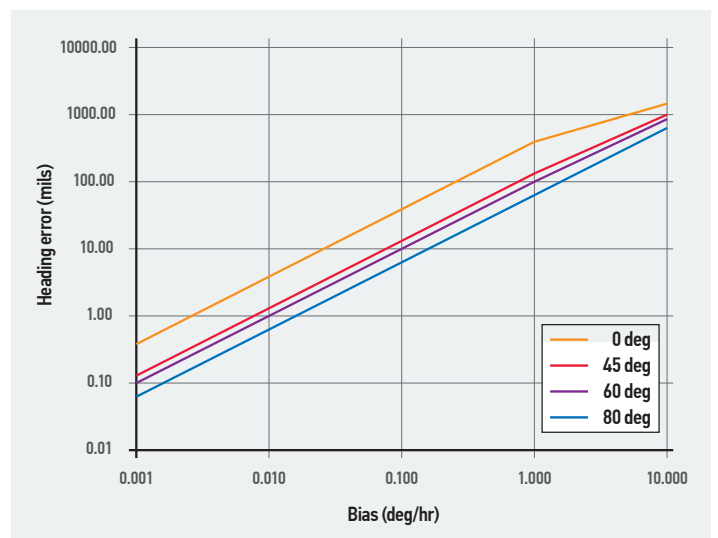


1 Измерение угловой скорости двумя ортогональными гироскопами в горизонтальной плоскости

В реальности выходной сигнал восточного гироскопа содержит смещение нуля, которое можно считать погрешностью измерения. Таким образом, формулу (5) можно представить:

$$\omega_{XN} = -\omega_H \sin(\Psi) + \text{смещение}, \quad (6)$$

Чувствительность гирокомпасирования к смещению нуля гироскопа равна отношению смещения нуля гироскопа к горизонтальной составляющей скорости вращения Земли. Иными словами, погрешность выставки гирокомпас зависит от смещения нуля и широты места измерения, как показано на рис. 2.



2 Зависимость выставки/курса от смещения нуля гироскопа и широты

1 Статья «Точно в цель. Точно ли?», журнал «Вектор высоких технологий» № 5 (18) 2015

2 Статья «Достижение заявленных точностей систем пространственного позиционирования», журнал «Вектор высоких технологий» № 2 (23) 2016

Влияние смещения нуля гироскопа можно уменьшить за счет использования двухпозиционных измерений азимута. Если система установлена под неким произвольным углом $\Psi = \alpha$, а затем поворачивается на $\Psi = \alpha \pm 180^\circ$, можно оценить инструментальные погрешности и таким образом откорректировать значение курса.

Нетерпеливый читатель, наверное, заметит, что пока рассуждения далеки от ответа на заданный в начале статьи вопрос. Теперь мы подошли к главному.

Решение этой теоретической задачи на практике обеспечивают двух- и трехосные системы пространственного позиционирования – особый вид испытательного оборудования. Его ориентация в пространстве и позволяет на этапах производства и ПСИ навигационных систем учесть и скомпенсировать большинство факторов, влияющих на смещение нуля.

Итак, как мы уже говорили, оборудование выбрано и поставлено, помещение с виброизолированным фундаментом спроектировано, выполнено, выдержано. Расшифруем термин «выдержан»: имеется ввиду не только набранная бетоном прочность – обычно занимает до 30 дней, но и полное прекращение процессов химического отверждения и выделения продуктов реакции в помещении, обычно этот процесс занимает 6-8 месяцев. Это связано с воздействием среды на контактные кольца стэндов. Из чего можно сделать вывод, что подготовка помещения должна начинаться одновременно с закупкой или задолго до покупки оборудования. Тем более, что данные рекомендации подходят для подобного оборудования любого мирового производителя.

Параллельно для установки систем пространственного позиционирования проводится комплекс геодезических работ. Они представляют собой фактический перенос в «натуру» координат расположения объекта (в самом помещении). Результатом таких работ должно быть размещение долговременных реперных точек на стенах (конструкциях) здания, определяющие известные координаты (направление).

Размещение реперов требуется для периодической проверки положения испытательного стэнда. Мы не будем детально рассматривать процесс, хотя это большая тема в плане описания тонкостей и нюансов данной области знаний. На этом этапе могут потребоваться значительные временные и финансовые ресурсы, например, построение внешнего базиса (при переносе координат через окна в помещение, где расположен испытательный стэнд) может потребовать изготовления специального фундамента под реперные точки. Чаще всего для решения этих задач применяют высокоточные геоизмерительные комплексы. Методика работ определяется также требуемой системой координат, которую должен знать заказчик – конечный пользователь оборудования.

Но вернемся к процессу установки. Итак, все готово, включая долговременные реперные точки оборудования (рис. 3 и 4), и на примере двухосного стэнда на месте начинается выставление наружной оси по направлению



3

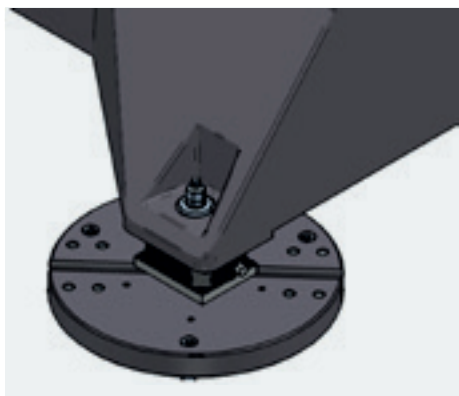
Пример расположения минипризмы на стене



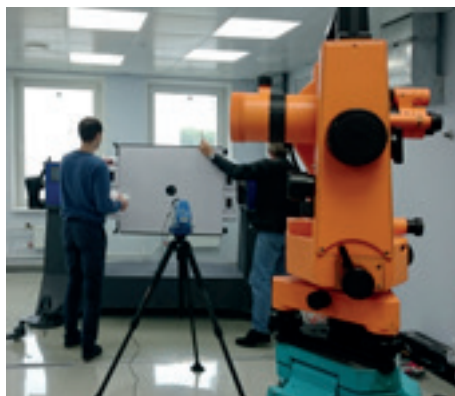
4

Точное перекрытие на полу

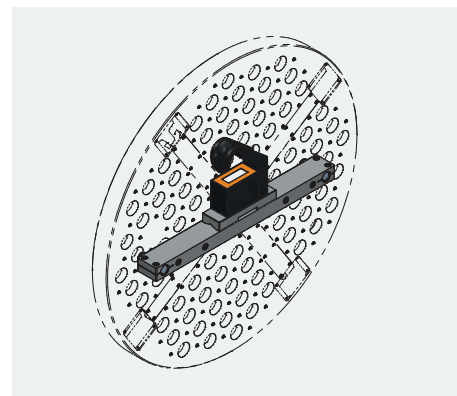
восток-запад. Почему именно так? Ответ прост – потому что внутренняя ось при этом автоматически направлена на север. Для такой настройки оборудование должно иметь специальную систему в основании станины, которая позволяет поворачивать стэнд на нужный угол с большой точностью. Пример такого крепления приведен на рис. 5. При этом оптимальной будет первоначальная разметка с применением теодолита, что в дальнейшем позволит быстро прийти к требуемой точности выставления наружной оси (на практике это десятки угловых секунд).



5
Специальное крепление



6
Юстировка стенда автоколлимационным теодолитом



7
Юстировка нулевого положения внутренней оси

Первым этапом юстировки будет выравнивание по уровню, затем оптическим путем при помощи специального зеркала и автоколлимационного теодолита (рис. 6) выставление наружной оси в требуемом направлении, затем опять выравнивание по уровню и опять проверка угла. Количество итераций зависит от опыта специалистов, участвующих в монтаже. Эта операция хотя и выглядит простой на практике требует немалой сноровки и опыта. После получения требуемой точности установки наружной оси необходимо установить «нулевое положение» для внутренней оси, т.к. во всех системах данного типа предусмотрена возможность назначения начального положения стола (оси и крепежных элементов стола) в любом сочетании через программное управление. Для этого также должны быть предусмотрены определенные технические меры при производстве самого оборудования – базовые точки, как правило, штифты или отверстия. В эти отверстия вставляется оснастка, и при помощи уровня проводится дальнейшая настройка (рис. 7). Не лишним будет напомнить, что само изделие должно размещаться на столе с использованием этих базовых точек, иначе пропадает весь смысл настройки.

Последний этап – проверка всех параметров, заявленных производителем в ходе первичной аттестации. Такую аттестацию при количестве единиц от 30 лучше поручить профессионалам, так как покупка, содержание приборов и персонала для этих работ при меньшем количестве оборудования нецелесообразны. До проведе-

ния аттестации нужно внимательно изучить, что именно, по какой методике и чем измерено. Убедиться, что представленные методики измерений в полной мере проверяют все характеристики оборудования и являются ГОСТИрованными или аттестованными в установленном порядке. При этом программа и методика проведения аттестации должны пройти метрологическую экспертизу.

При профессиональном подходе в качестве базовых средств измерений для проверки точности углов используют 36-гранную призму нулевого класса и автоколлиматор фирмы Triangle. Для проверки ортогональности и биения оси – электронный уровень и оптическое зеркало. Для проверки скорости и ускорения – частотомер, осциллограф. Если в составе стенда присутствует температурная камера, используют термометры сопротивления и многоканальный измеритель температуры. Естественно, не нужно забывать про измерение параметров окружающей среды и электропитания, для этого применяют термогигрометр и мультиметр.

При проведении самой аттестации важную роль играет опыт сотрудников, проводящих измерения, так как для линейно-угловых измерений специалист должен не только хорошо знать теорию, но и практически уметь настраивать измерительное оборудование и правильно снимать показания.

Завершается аттестация выдачей протокола и аттестата вместе с программой и методикой аттестации, а также заключением метрологической экспертизы, которые хранятся на всем протяжении эксплуатации оборудования.

Этим материалом мы завершаем серию статей о выборе оборудования, подготовке помещений, установке, настройке и аттестации систем пространственного позиционирования. Многие описанные моменты требуют отдельного, более детального рассмотрения, что мы обязательно сделаем в следующих выпусках журнала «Вектор высоких технологий». □

Импульсный тестер — прибор для диагностики состояния изоляции электродвигателей при ремонте и техническом обслуживании



Текст: Алексей Юдин



Внеплановые остановки производства – затратное «удовольствие». На особо важных объектах, где причиной остановки является, например, поломка электродвигателя, стоимость простоя в течение одного часа может составлять десятки тысяч, а то и миллионы рублей. Основная задача в ходе превентивной проверки – сокращение до минимума таких внеплановых остановок и простоев. Согласно данным института инженеров электротехники и электроники¹ 26-36 % всех неисправностей электродвигателей составляют дефекты изоляции. Вот тут и возникает вопрос: что и чем измерять, чтобы обнаружить дефекты в изоляции электрических машин?

Чтобы ответить на данный вопрос, необходимо понимать, какие возможные дефекты могут возникнуть в обмотке электрической машины. Рассмотрим, например, статор. Дефекты в статоре можно разделить на две группы: дефекты в обмотке относительно корпуса статора и дефекты в обмотке между витков (рис. 1 и 2).

Для выявления дефектов в изоляции относительно корпуса проводят тест высоким напряжением постоянного тока, а для выявления дефектов между витками – импульсный тест. При ремонтных работах или периодических технических обслуживаниях необходим компактный прибор, удобный для транспортировки к месту тестирования.

Вторым критерием подбора оборудования является максимальное выходное напряжение прибора, которое можно подать на обмотку при тестировании на пробой или импульсном тестировании для выявления межвитковых дефектов. Для расчета необходимого максимального напряжения прибора следует знать рабочее напряжение двигателя, который будут проверять, или напряжение тестирования высоким напряжением переменного тока. Существующие стандарты, регламентирующие тестовое импульсное напряжение, приводят разные данные. Обычно исправные катушки в электродвигателе способны выдержать большие напряжения, чем указанные в стандартах. Для грубых расчетов, когда речь идет о диагностике или ремонте, т. е. не о новом двигателе, можно пользоваться следующими формулами для определения необходимого импульсного напряжения:

$$U_{\text{тест. HVAC}} = 2 \times U_{\text{ном.}} + 1000 \text{ В}$$

$$U_{\text{имп.}} = 1,5 \times U_{\text{тест. HVAC}}$$

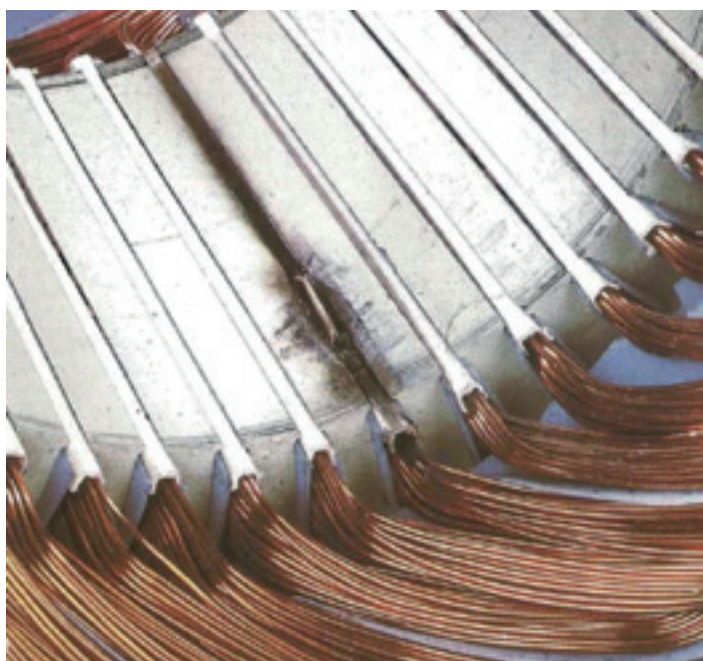
$U_{\text{тест. HVAC}}$ – максимальное напряжение высоким напряжением переменного тока

$U_{\text{ном.}}$ – номинальное напряжение электродвигателя

$U_{\text{имп.}}$ – импульсное напряжение тестирования

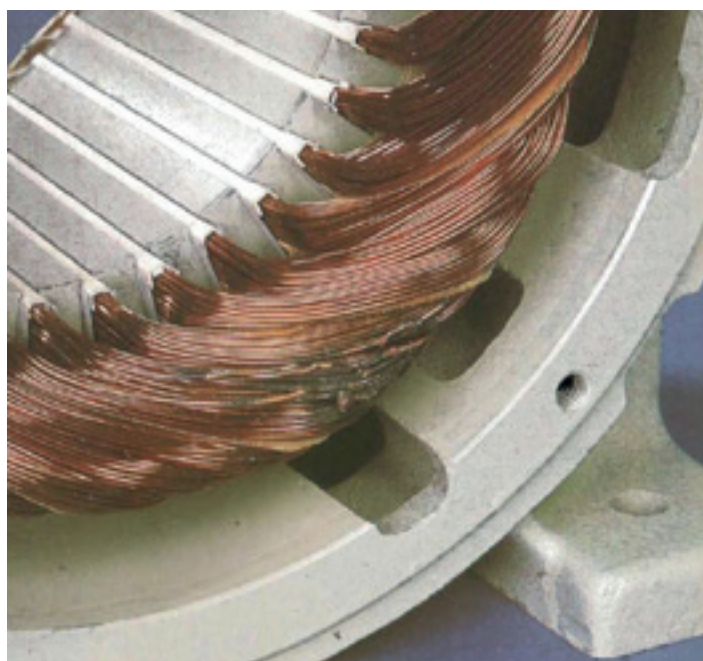
Тестер должен удовлетворять полученным расчетным данным. Импульсное напряжение достаточной амплитуды необходимо еще и для того, чтобы обнаружить все типы дефектов, которые могут возникнуть в изоляции соседних витков. Дело в том, что межвитковые замыкания условно разделяют на две группы: постоянные и возникающие только при подаче повышенного напряжения. Обнаружить дефекты первой группы проще, т.к. это постоянный контакт двух соседних витков с дефектом в изоляции. Вторая же группа относится к тому случаю, когда между витками с дефектом в изоляции нет постоянного контакта, а сам дефект возникает только при большой разнице потенциалов между витками в зоне повреждения изоляции. Тест импульсным напряжением может создать достаточную разницу потенциалов между одиночными витками в короткий промежуток времени.

На рис. 3 и 4 показаны возможные варианты переносных исполнений импульсного тестера от компании Schleich МТС2. Это наиболее актуальное исполнение для тех предприятий, которые занимаются ремонтом и диагностикой электродвигателей. Максимальное им-



1

Замыкание в пазу на корпус



2

Короткое замыкание между витками



3

Мобильное исполнение тестера Schleich MTC2-6 кВ

пульсное напряжение у тестера в таком исполнении – 15 кВ. Из-за размеров корпуса данный тестер нельзя укомплектовать тестом высокого напряжения переменного тока и тестом обнаружения частичных разрядов. Вернее, можно, но это будет отдельный стационарный прибор, подключающийся к тестеру через специальный интерфейс. И будет потеряно одно из основных преимуществ этого оборудования – мобильность. К обязательным тестам, которые всегда включены в комплектацию переносного исполнения, относятся:

- тест импульсным напряжением.
- тест высоким напряжением постоянного тока.

В качестве опции мобильные тестеры можно дооснастить тестом измерения сопротивления с температурной компенсацией.



4

Мобильное исполнение тестеров Schleich MTC2-6 кВ, MTC2-12 кВ, MTC2-15 кВ

Одним из преимуществ импульсных тестеров компании Schleich является их полностью автоматизированный процесс тестирования – однократное подключение выводов тестера к проверяемому статору, в дальнейшем не требуется проводить никаких манипуляций с зажимами независимо от типа испытания. Используя одни и те же зажимы, можно измерять активное сопротивление и проводить тест высоким или импульсным напряжением.

Рассмотрим на примере тестирования статора процесс поиска неисправностей с помощью импульсного тестера Schleich MTC2-15 кВ. Программное обеспечение позволяет проводить тестирование в ручном и автоматическом режимах по уже созданной тестовой программе. Последний режим наиболее актуален при серийном производстве. Оператору необходимо загрузить заранее



5

Проверка якоря на межвитковые замыкания импульсным тестом на установке Schleich MTC2

подготовленную тестовую программу и запустить процесс тестирования. А в случае диагностики статора при проведении ремонтных работ у оператора с большой вероятностью не будет готовой тестовой программы.

После запуска ручного режима тестирования необходимо выбрать схему включения фаз статора и номинальное напряжение (рис. 6). Эта функция предотвращает испытание с применением слишком высокого испытательного напряжения. Тестером предусмотрены максимальные испытательные напряжения в зависимости от номинального напряжения (Т1).

Тестер обнуляет все предыдущие значения тестирования. В нашем примере статор имеет соединение фаз по схеме звезда, номинальное напряжение при данном типе соединения фаз – 415 В.

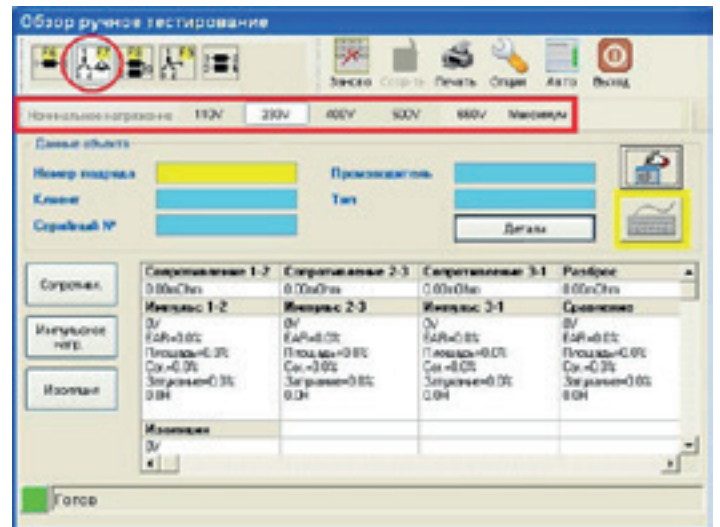
Т1

Максимальные испытательные напряжения в зависимости от номинального напряжения

НОМИНАЛЬНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ	МАКСИМАЛЬНОЕ ИСПЫТАТЕЛЬНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ
110 В	1900 В
230 В	2200 В
400 В	2700 В
500 В	3000 В
660 В	3500 В
Максимум	Напряжение ограничивается максимальными возможностями тестера

Далее переходим к тесту измерения активного сопротивления. Тестер делает замеры сопротивления между указанными на дисплее клеммами. Значения отображаются приведенными к температуре +20 °С, чтобы их можно было сравнить с другими, полученными позже при тестировании в других температурных условиях. Также тестер показывает значения без компенсации по температуре, окружающую температуру, при которой проводились измерения, максимальный разброс между измеренными значениями в абсолютных величинах и процентах (рис. 7). Если активные сопротивления удовлетворяют условиям тестирования, можно переходить к следующему тесту.

Проверка импульсным напряжением межвитковой изоляции проводится приложением скачкообразного импульса напряжения между двумя зажимами испытуемых катушек. Межвитковое испытательное напряжение генерируется затухающим колебательным разрядом конденсатора. Если все затухающие осциллограммы, полученные по обмоткам двигателя, совпадают, то можно говорить об отсутствии дефектов. В тестере предусмотрено несколько методов сравнения осциллограмм,



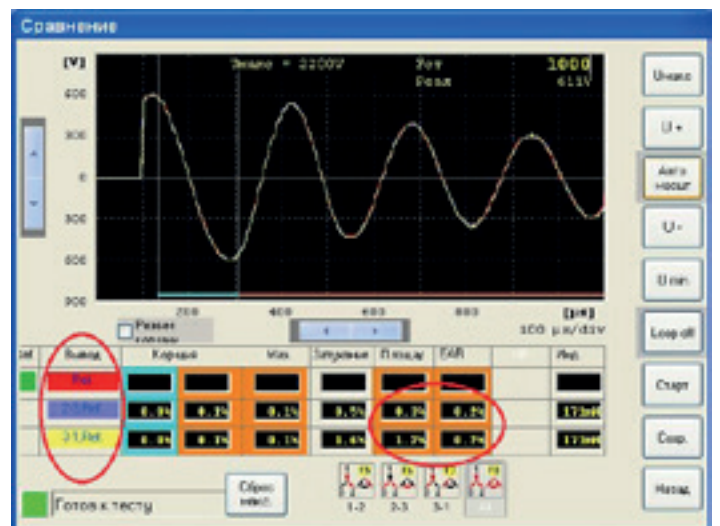
6

Программное обеспечение тестера Schleich MTC2. Ручной режим тестирования: выбор схемы включения фаз и номинального напряжения



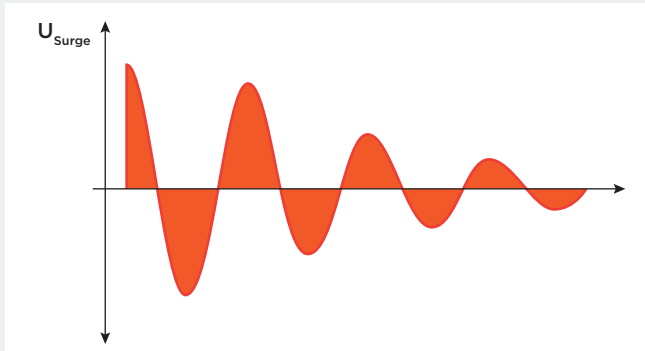
7

Программное обеспечение тестера Schleich MTC2. Ручной режим тестирования: замер сопротивления по всем фазам

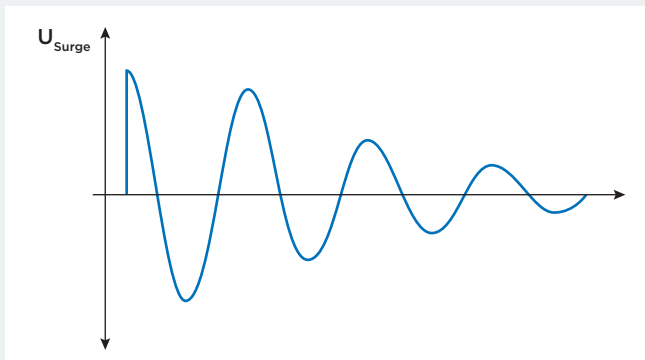


8

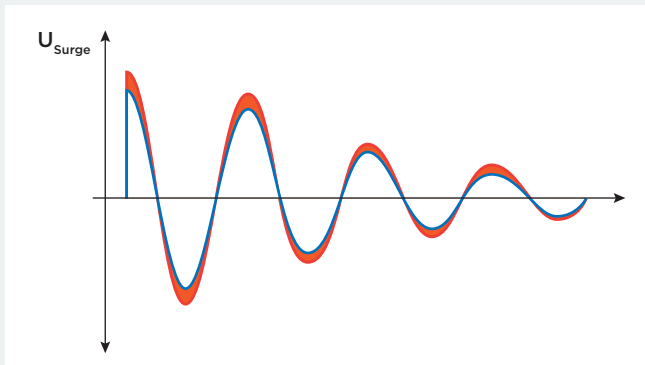
Тест высоким напряжением постоянного тока, расчет коэффициентов абсорбции и поляризации



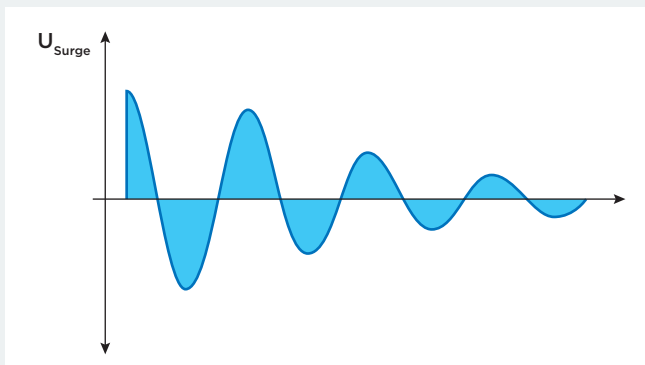
A_{ref} — площадь под базовой осциллограммой



Вторая (сравниваемая) осциллограмма



A_{diff} — разница площадей между базовой и сравниваемой с базовой осциллограммами



A_{blue} — площадь под второй осциллограммой

которые базируются на измерениях площадей под осциллограммой. Главное, что для пользователя есть критерий, по которому можно браковать обмотку – разница в площадях, выраженная в процентах. Естественно, что данная разница будет сильно зависеть от изделия. Но обычно, если активные сопротивления одинаковые, то при условии отсутствия дефектов осциллограммы совпадают, а значит, и разница в процентах между площадями будет стремиться к 0% (рис. 8).

рис. 9 показывает разницу между двумя наиболее распространенными методами сравнения, используемыми в импульсных тестерах компании Schleich.

Формула первого метода сравнения:

$$EAR = |A_{diff}| \times 100 \% / |A_{ref}|, \text{ где}$$

A_{ref} – площадь под базовой осциллограммой;

A_{diff} – разница между базовой и сравниваемой осциллограммами.

Формула второго метода сравнения:

$$EDiffAR = ||A_{ref}| - |A_{blue}|| \times 100 \% / |A_{ref}|, \text{ где}$$

A_{ref} – площадь под базовой осциллограммой;

A_{blue} – площадь под сравниваемой осциллограммой.

Тест высоким напряжением постоянного тока выявляет дефекты в корпусной изоляции. Критерий отбраковки – ток утечки или сопротивление изоляции. Можно настраивать скорость нарастания и время выдержки высокого напряжения при тестировании. Также тестер измеряет коэффициент абсорбции и поляризации (рис. 10). Коэффициент абсорбции измеряют по формуле:

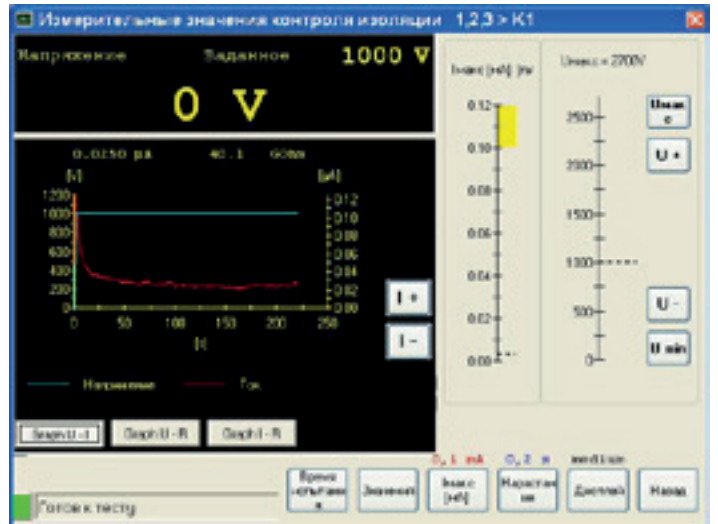
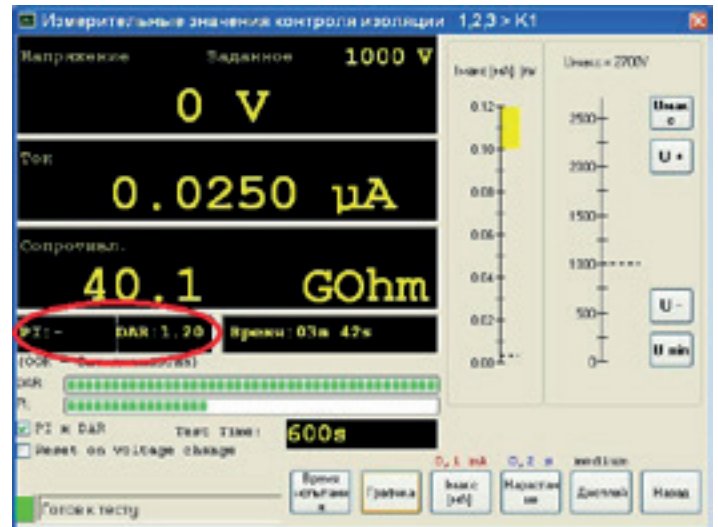
$Каб = R60 / R15$, где $R60$ и $R15$ – сопротивление изоляции, измеренное соответственно через 60 и 15 с после приложения напряжения мегаомметра.

Для неувлажненной обмотки при температуре 10–30 °С: $Каб = 1,3-2,0$, а для увлажненной обмотки коэффициент абсорбции близок к единице. Это различие объясняется разной длительностью заряда абсорбционной емкости у сухой и влажной изоляции. Коэффициент поляризации показывает способность заряженных частиц перемещаться в диэлектрике под воздействием электрического поля, что определяет степень старения изоляции. Метод измерения основан на сравнении показаний мегаомметра, снятых через 60 и 600 секунд после начала испытаний. Значение коэффициента показывает остаточный ресурс изоляции. Коэффициент поляризации определяется следующими показателями:

- меньше 1 – изоляция является опасной;
- от 1 до 2 – изоляция сомнительная;
- больше 2 – изоляция хорошая.

Абсолютно все импульсные тестеры компании Schleich позволяют выявить дефекты в изоляции обмотки. Это касается как корпусной изоляции, так и межвитковой. Программное обеспечение тестера предоставляет возможность пошагового тестирования для быстрого тестирования двигателя без готовой тестовой программы. Результаты проверки сохраняются, их можно распечатать. Мобильные тестеры полностью адаптированы по конструкции и программному обеспечению для проведения периодических испытаний электродвигателей, а также испытаний после капитального и текущего ремонта.

Мобильные тестеры компании Schleich уже давно являются обычным оборудованием при тестировании электродвигателей в странах Европы и Америки. Учитывая стоимость прибора и типы дефектов, которые он может выявлять, а также оценивая возможные риски при поломке электродвигателей, вопрос о необходимом оборудовании и типах тестирования можно считать закрытым. ▣



10

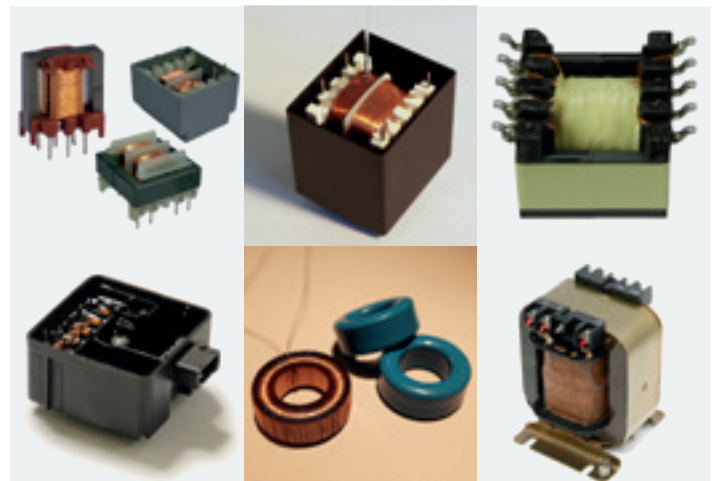
Тест высоким напряжением постоянного тока, расчет коэффициентов абсорбции и поляризации

ОПТИМИЗАЦИЯ

Заливка МОТОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ — ПЛЮСЫ ТЕХНОЛОГИИ

Текст: **Владислав Киструль**
Роман Лыско

Существующее разнообразие моточных электротехнических изделий с широким спектром применения – трансформаторы, тороидальные и линейные катушки (рис. 1) – имеет общие составляющие компоненты. К ним относятся: каркас, провод, изоляция, контакты. В любом электротехническом изделии качество и надежность всегда будут зависеть от качества исходных компонентов.



1

Различные виды моточных электротехнических изделий

Изоляция классифицируется по нескольким типам: межвитковая, межслоевая, межобмоточная, изоляция каркаса. На рынке представлены различные виды материалов для изоляции, но их общая основная задача – обеспечить величину пробивного напряжения и увеличить срок эксплуатации изделия.

Для широкого спектра моточных изделий создание изоляционного слоя включает либо пропитку изделий, либо их заливку (рис. 2). В большинстве случаев эти процессы могут быть взаимозаменяемыми, но имеют свои технологические особенности и условия применения. В данной статье мы подробно рассмотрим преимущества и недостатки каждого из процессов.

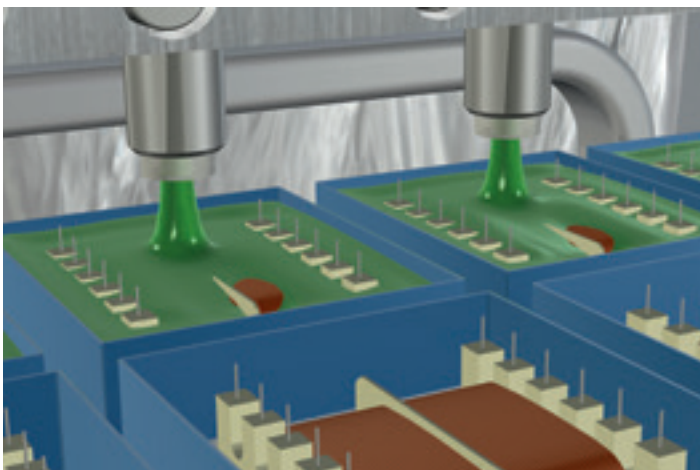
Одним из важных критериев качества изоляционного слоя моточного изделия является его теплопроводность, т. е. способность отводить тепло от более нагретых участков к менее нагретым.

В **Т 1** и **Т 2** представлены значения показателей коэффициентов теплопроводности различных материалов.

Значение коэффициентов теплопроводности материалов, используемых для заливки изделий, в разы превышает значения коэффициентов теплопроводности материалов для пропитки, что является существенным преимуществом заливочных процессов. При недостаточной теплопроводности электротехническое изделие (например, электродвигатель), находясь в рабочем режиме, перегревается – это ведет к изменению технических параметров, значений сопротивления, уменьшению рабочего ресурса и преждевременному выходу из строя.

Электротехнические характеристики (сопротивление) заливочных компаундов существенно выше, чем у материалов, используемых для пропитки. У трансформаторных изделий это позволяет повысить КПД работы, что является существенным плюсом для потребителей и ресурсом для повышения КПД конечных изделий.

Другой важный критерий, характеризующий изоляционный слой моточного изделия – это защита от механического воздействия, от воздействия химических веществ и негативного влияния окружающей среды



2

Процесс заливки трансформатора

(влажность, пыль и т. д.). Заливочные материалы более технологичны в плане нанесения защитного слоя для электротехнических изделий.

Например, при пропитке лаком или смолами обмотки электродвигателя максимальная толщина пропиточного слоя составляет 50-100 микрон. При большей толщине слой не будет держаться, излишки лака будут стекать с изделия – физически невозможно «задержать» большее количество лака на поверхности. Для электродвигателей с экстремальными условиями эксплуатации (например, приводы механизмов морских судов) необходимо обеспечить высокий уровень защиты от негативного воздействия окружающей среды. Из-за этого приходится выполнять процесс пропитки два раза или наносить финишное покрытие на основе растворителя – все это значительно увеличивает длительность производства. Пропитка в несколько слоев не обеспечивает гарантируемую повторяемость качества изоляции, что повышает вероятность выпуска бракованных изделий и выхода изделия из строя в процессе его эксплуатации до истечения установленного срока службы.

Т 1

Значения коэффициентов теплопроводности материалов, используемых для пропитки моточных изделий

МАТЕРИАЛ	λ , Вт/м·К
Эмаль МЛ-12, дымчатая	0,178
Лак МЛ-92	0,179
Эмаль ПФ-115, красная	0,18
Эмаль МЛ-12, светлая бирюза	0,182
Эмаль ПФ-115, черная	0,197
Эмаль МЛ-25, салатная	0,216
Лак ВЛ-931	0,223
Эмаль ПФ-115, кремовая	0,25
Эмаль ПФ-218Г	0,374
Эмаль КФ-19М	0,412
Эмаль МЛ-25, серебристая	1,179

Т 2

Значения коэффициентов теплопроводности материалов, используемых для заливки моточных изделий

МАТЕРИАЛ	λ , Вт/м·К
Полиуретановая смола UR5097	0,65
Полиуретановая смола UR5604	0,65
Эпоксидная смола ER2195	1,26
Полиуретановая смола HTSP	3,00

В процессе заливки, применяя двухкомпонентные составы, легко достичь требуемой толщины слоя без каких-либо затруднений (рис. 3). Такие изоляционные покрытия также обладают более высокими защитными свойствами от механического и других воздействий.

Использование процесса заливки сокращает время производственного цикла, позволяет снизить трудозатраты, сократить общее время выпуска готовых изделий и, в конечном итоге, снизить себестоимость выпускаемой продукции. Эти факторы значительно увеличивают конкурентоспособность компании на рынке.

При сравнении процессов пропитки и заливки немаловажным критерием является воздействие на окружающую среду и обеспечение охраны труда персонала.

Вопросы экологичности производства и охраны труда на современных производствах играют важную роль. Если предприятие нарушает законодательство в области экологии и охраны труда, то контролирующие органы вправе приостановить его производственную деятельность до устранения нарушения. Это может означать либо изменение технологии и материалов, либо дозакупку более современного оборудования – и все это может затянуться на месяцы. Такие вынужденные простои, конечно же, негативно влияют на эффективность предприятия.

При пропитке материалами на основе растворителя в окружающую среду испаряется около 50-70 % состава. У полиэфирных смол для заливки эмиссия составляет от 4 до 25 % в зависимости от типа смолы; наилучший вариант смол со стиролом – 22-25 % испарений. Контролирующие органы уделяют особое внимание участкам по производству габаритных электротехнических изделий, поэтому производители вынуждены затра-

чивать значительные средства на уловители испарений для уменьшения вредных выбросов в атмосферу и обеспечения соответствующих условий труда для сотрудников.

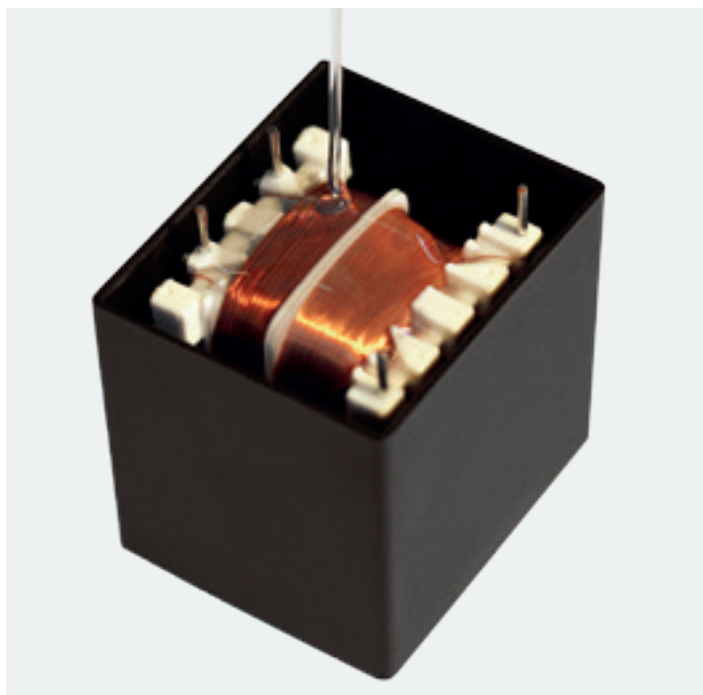
При заливке и работе с двухкомпонентными материалами вероятность загрязнения окружающей среды и непроизводственных потерь минимальна. Также этот процесс более безопасен для сотрудников: если при пропитке электротехнических изделий оператор так или иначе контактирует с пропиточными материалами, то при использовании современных систем заливки на всех технологических операциях прямой контакт исключен.

Также применение операций пропитки требует больших по площади производственных помещений, чем при процессе заливки. Это обусловлено следующими факторами:

- процессы пропитки происходят при более высоких температурах;
- возникающие испарения требуют выделенного помещения для обеспечения безопасности персонала;
- габариты установок пропитки (при равной производительности оборудования) значительно превышают размеры машин для заливки.

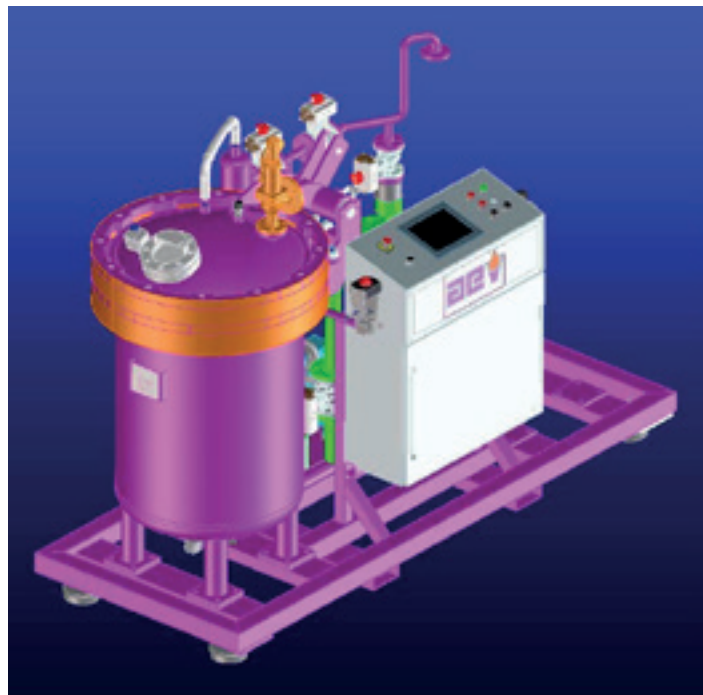
Все эти факторы влекут за собой дополнительные расходы, влияющие на себестоимость конечных изделий.

Немаловажным критерием при сравнении процессов пропитки и заливки является оценка затрат на материалы. Для примера сравним расходы на материалы для изоляции катушки электромагнита размером 45 × 40 × 20 мм (Ш × В × Г). Небольшой автоклав (рис. 4) с размером внутренней камеры Ø500 мм необходимо заполнить минимум на 50 мм (высота электромагнита плюс объем на вспенивание лака).



3

Пример заливки изделия в корпус



4

Автоклав вакуумно-нагнетательной пропитки

Объем заполнения составит:

$$V = \pi \times R^2 \times H = 9,8 \text{ литра}$$

Даже при таком объеме пропиточной жидкости прямые потери на испарения составят порядка 4500 см³ (4,5 л).

При процессе заливки электромагнит помещается непосредственно в оправку, ограничивающую растекание материала, и заливается ровно настолько, насколько необходимо заполнить оправку плюс небольшая добавка на усадку материала. При расчете затрат на материалы при объеме выпуска партии электромагнитов в 100 штук планируемая экономия только на материале может составить от 30 до 50 рублей на одно изделие при равной базовой стоимости материалов.

Конечно, несмотря на серьезные технологические преимущества для ряда моточных изделий применение заливки нецелесообразно, например, для сверхмощных крупногабаритных трансформаторов для энергетических объектов. К тому же технология пропитки возникла и получила широкое применение существенно раньше

– технологам на предприятиях хорошо известен и понятен этот процесс. При выпуске нового изделия требуется минимум времени на отладку режима, а применение новых заливочных материалов требует серьезных организационных затрат, таких как: подготовка оптимального состава материала, отработка технологического процесса, проведение испытаний изделий на воздействие различных внешних факторов, согласование и утверждение материалов с конечными заказчиками. Всё это значительно тормозит замену технологического процесса пропитки на заливку.

Но для большей части моточных изделий замена вакуумной пропитки на заливку технологически обоснована, и все больше производителей электротехнических изделий внедряют этот процесс. Технологический потенциал у заливки существенно выше, что подтверждает опыт ведущих зарубежных компаний, которые применяют заливку как основной способ изоляции изделий.

Технический прогресс не стоит на месте – меняются технологии и условия производства, и к параметрам электротехнических изделий заказчики предъявляют все более жесткие требования, обеспечить которые возможно только с помощью высокотехнологичных процессов. Одним из таковых и является применение заливки в качестве изоляции. Этот процесс имеет ряд неоспоримых плюсов в плане повышения эксплуатационных характеристик изделий: КПД, ресурс работы, защита от механических и других воздействий, этот процесс технологичен и безопасен для персонала и окружающей среды. Разработка и совершенствование заливочных материалов идет быстрыми темпами, их номенклатура постоянно расширяется и совершенствуется. Благодаря этому можно значительно улучшать характеристики изделий, их качество и надежность и обоснованно замещать в моточном производстве процесс пропитки процессом заливки. ▣

ТЕХПОДДЕРЖКА

Абразив спешит на помощь. Часть 2.

Первая российская установка микроабразивного удаления влагозащитных покрытий «Борей»



Текст: Денис Поцелуев



Задача по снятию влагозащитных покрытий с поверхности печатного узла остается по-прежнему актуальной¹. И по-прежнему производители электроники ищут лучшее решение для удаления влагозащитного покрытия без повреждения платы и компонентов. Самым технологичным, универсальным и эффективным на сегодняшний день является способ микроабразивного удаления влагозащитных покрытий с помощью специализированного оборудования. С ростом производительности, усложнением конструкции печатного узла, стремлением к оптимизации производственных затрат растет интерес к такому оборудованию. При этом выбор ограничен всего лишь несколькими зарубежными поставщиками. В статье мы расскажем об истории появления первой российской установки микроабразивного удаления влагозащитных покрытий «Борей» и ее отличительных особенностях.

¹ статья «Абразив спешит на помощь. Технологичное решение для удаления влагозащитных покрытий УР-231, Э-30, ЭД-20 и парилена», журнал «Вектор высоких технологий» № 7 (12) 2014

Группа компаний Остек первой на российском рынке начала поставки установки микроабразивного удаления влагозащитных покрытий Swam Blaster Turbo Max производства американской компании Crystal Mark, и уже на протяжении пяти лет оборудование эффективно работает на ведущих производствах радиоэлектронной промышленности России. Установка Swam Blaster Turbo Max по своим характеристикам полностью отвечает всем требованиям по безопасному снятию различных влагозащитных покрытий с платы и компонентов. Вместе с тем у наших специалистов – на основе собственного опыта и обратной связи от заказчиков – возникло понимание, что есть перспективы по совершенствованию оборудования в части эргономики и удобства работы. Востребованность качественного оборудования отечественного производства, отличное знание технической части и наличие собственного производства комплектующих явились предпосылками для запуска проекта по производству установки микроабразивного удаления влагозащитных покрытий. Итогом проекта стал «Борей» – первая отечественная установка, предназначенная для удаления различных видов влагозащитных покрытий с печатных узлов микроабразивным методом (рис. 1).



1

Установка микроабразивного удаления влагозащитных покрытий «Борей»

Не секрет, что существует оборудование отечественного производства, использующее абразив для удаления покрытий или очистки поверхности. Но есть несколько ключевых особенностей этих установок, которые не позволяют применять их в электронике. Например, отсутствие антистатической защиты, иной тип абразива, невозможность перемещения наконечника подачи абразива, высокая сила давления. Чем же выделяется «Борей» среди других установок похожего типа? Давайте рассмотрим подробнее.



2

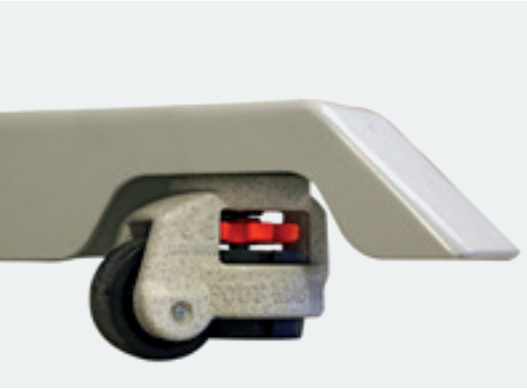
Блок наконечника распыления абразива с форсункой и микроионизатором

Во-первых, «Борей» спроектирован специально для применения в электронике. Установка оснащена встроенным микроионизатором, который снимает статическое напряжение в момент соприкосновения абразива с платой или компонентом (рис. 2). Проведенные испытания показали, что без микроионизатора статическое напряжение в точке подачи абразива может достигать 3000 Вольт. Итогом могут стать вышедший из строя компонент и увеличение затрат на процесс ремонта и доработки. Микроионизатор встроен в сопло подачи абразива, а не сделан в виде отдельного щупа. Это предоставляет следующие технологические преимущества:

- определенный угол и расстояние микроионизатора до точки подачи абразива обеспечивают 100% снятие статического напряжения и исключают человеческий фактор;
- вторая рука оператора остается свободной, что позволяет ему выполнять работу удобно и более эффективно.

Установка «Борей» также оснащается ионизатором воздуха с нисходящей воздушной завесой, антистатическим браслетом и антистатическими поверхностями, что сводит к минимуму появление статического напряжения в процессе ремонта.

Второе, на что необходимо обратить внимание – дизайн установки. «Борей» производится в напольном исполнении и является мобильным. Четыре колеса с уникальной системой блокировки и регулировки по высоте позволяют надежно зафиксировать и выровнять установку для работы и при необходимости оперативно транспортировать ее в другое место (рис. 3).



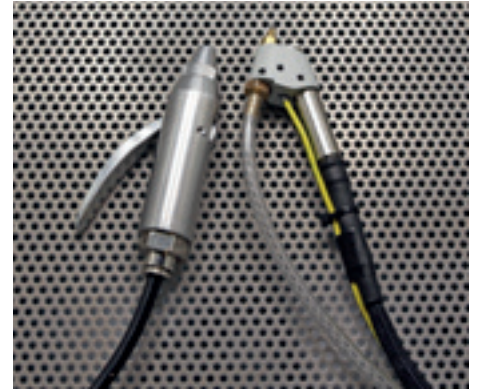
3

Система транспортировки с возможностью блокирования и выставления уровня



4

Система регулировки рабочей камеры по высоте



5

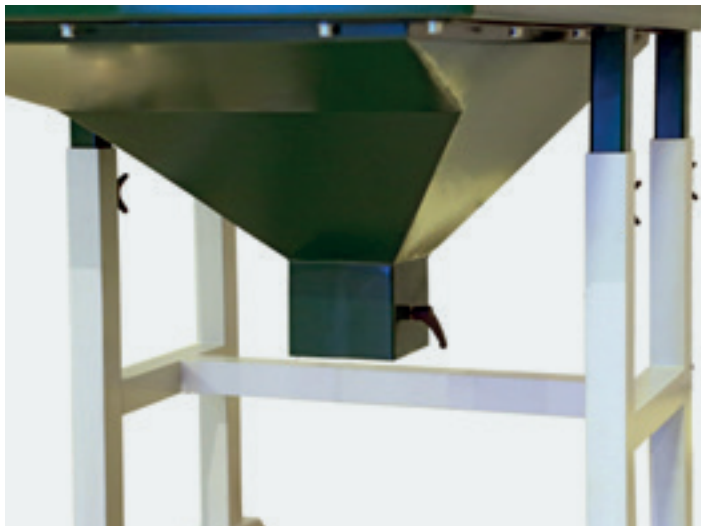
Дно рабочей камеры

Рабочая камера установки закреплена на раме, которая может регулироваться по высоте (рис. 4). Конструкция и высота рамы разработаны с соблюдением межгосударственного стандарта ГОСТ 12.2.032-78, который устанавливает общие эргономические требования к рабочим местам при выполнении работ в положении сидя. Подставки для рук обеспечивают комфортную работу оператора. Для организации рабочего места необходимы лишь стул и наличие условий подключения (электричество и сжатый воздух).

Также небольшие изменения были внесены в конструкцию рабочей камеры. Ее дно выполнено из мелкоячеистой решетки из нержавеющей стали (рис. 5). Диаметр отверстий в решетке слишком мал, чтобы через них падали компоненты, но достаточен для проникновения отработанного абразива и остатков влагозащитного покрытия. Использованный материал попадает в конусообразный приемник, из которого просто и удобно удаляется (рис. 6). Благодаря такому конструктиву исключено разбрасывание абразива за пределы рабочей камеры.

Интуитивно понятное управление настройками и простая конструкция не требуют специальной подготовки для работы и обслуживания. Для регулировки потока абразива используются два параметра: давление сжатого воздуха и концентрация частиц абразива в потоке (рис. 7). Широкий диапазон регулировок позволяет подобрать необходимый режим для различных типов влагозащитных покрытий, печатных узлов и компонентов. Так, скорость очистки печатного узла может составлять до 30 секунд на одну плату. Рабочая камера оснащена двумя типами подсветки. Переключение между ультрафиолетовым и белым спектрами позволяет лучше контролировать процесс удаления покрытия. В комплекте идет ручной пистолет для обдува сжатым воздухом (рис. 8).

По желанию заказчика установка «Борей» может быть дооснащена такими опциями, как: комплект сопел различного диаметра от 0,8 до 1,14 мм, измеритель напряженности статического поля, осушитель сжатого воздуха.



6

Лоток для сбора абразива с шиббером

7 причин для принятия решения о приобретении установки микроабразивного удаления влагозащитных покрытий «Борей»:

- Сохранность компонентов и печатного узла
- Эффективное и быстрое удаление влагозащитных покрытий
- Антистатическое исполнение
- Без применения неэкологичных и опасных материалов
- Мобильность и эргономичность
- Высокая отказоустойчивость узлов и деталей
- Произведено в России



7
Блок подачи абразива



8
Ручной пистолет для обдува сжатым воздухом

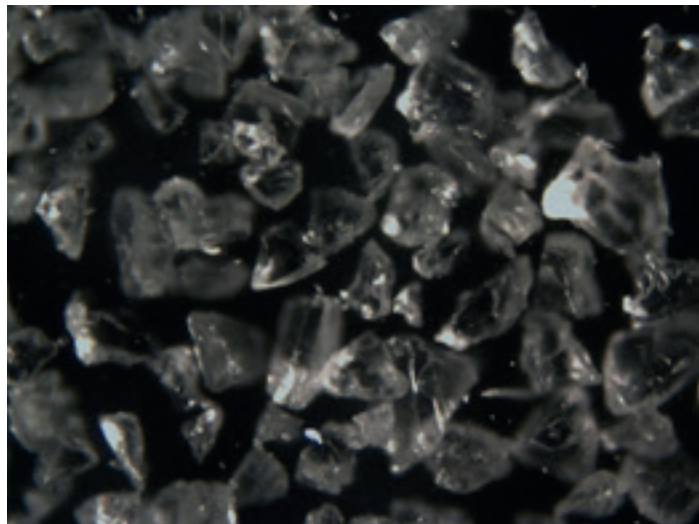
В качестве абразивного средства в установке «Борей» можно использовать различные мелкодисперсные порошки и абразивы с размером частиц от 10 до 300 мкм: бикарбонат натрия, кизеритовую смесь, пластик, скорлупу грецкого ореха, оксид алюминия, доломит. Однако для применения в электронике рекомендуется использовать мелкодисперсный порошок на основе пшеничного крахмала (рис. 9), который обладает следующими особенностями и преимуществами:

- размер частиц в 160 микрон обеспечивает кинетическую энергию, достаточную, чтобы удалять влагозащитное покрытие, не разрушая поверхность компонентов и паяльной маски;
- абразив является водорастворимым, что позволяет удалять частицы порошка из-под низкопрофильных компонентов водой или отмывочной жидкостью;
- абразив является биоразлагаемым и экологически безопасным, что исключает специальные требования к утилизации;
- абразив безопасен для человека, не требует специальных мер защиты при работе.

Сочетание мелкодисперсного абразива и сменных сопел различного диаметра позволяет снимать покрытия локально даже с миниатюрных компонентов и выводов (например, 01005).

Первая модель «Борей» ВМ600 доступна для заказа. Воспользуйтесь уникальной возможностью протестировать установку на вашем производстве — закажите тест-драйв установки «Борей».

Таким образом, с помощью системы микроабразивного удаления влагозащитных покрытий «Борей» можно эффективно удалять различные типы традиционных отечественных покрытий (УР-231, Э-30, ЭД-20, ЭП-9114), париленовые покрытия (Parylene C, N, D), а также современные лаки (HumiSeal 1A68, 1A33, 1R32A-2, 1B73; Dow Corning 3140, 2577), в том числе и лаки ультрафиолетового отверждения (HumiSeal UV40, UV-50LV, UV500). Поскольку для отечественных защитных покрытий типа эпоксидно-уретановых лаков и эпоксидных смол не существует эффективных и безопасных средств снятия, удаление микроабразивом – это единственный быстрый, универсальный, эффективный и контролируемый процесс удаления покрытия без использования растворителей и режущих инструментов. Результаты проведенных сравнительных испытаний подтвердили, что метод абразивного удаления с помощью установки «Борей» позволяет ремонтировать отечественные покрытия типа УР-231 без существенных временных затрат и применения токсичных растворителей (Т 1).



9
Абразивный порошок на основе пшеничного крахмала под микроскопом

Т 2

Сравнительная характеристика методов удаления лака УР-231, используемого для защиты печатных узлов


СТАНДАРТНЫЙ МЕТОД	МЕТОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УСТАНОВКИ «БОРЕЙ»
Печатный узел замачивается в смеси ацетона с ксилолом на 0,7-1,5 мин.	Настройка режимов установки – 0,3 мин
Очистка печатного узла от растворенных остатков УР-231 – 0,5 мин	Удаление УР-231 абразивом – 0,8 мин.
Механическое удаление остатков лака с помощью щетки, скальпеля или бритвы – 1-3 мин.	
Итого затрачено времени на удаление УР-231 с одного печатного узла:	
2,2-5 мин	1,1 мин
Особенности методов	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Наличие приточно-вытяжной вентиляции на рабочем месте ■ Соответствие класса помещения правилам пожарной безопасности ■ Хранение растворителей в соответствии с правилами пожарной безопасности ■ Дополнительная оплата персоналу в соответствии со степенью вредности и опасности условий труда 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Исключение контакта печатного узла и компонентов с режущими инструментами ■ Исключение применения растворителей и агрессивных химически веществ ■ Полное исключение рисков повреждения печатной платы или компонентов в процессе удаления влагозащитного покрытия ■ Время удаления влагозащитного покрытия с обеих сторон печатного узла размером 190 × 100 мм составило 70 секунд ■ Отсутствие специальных требований по безопасности к организации рабочего места ■ Высокая технологичность ремонта ■ Отсутствие токсичных отходов

Установка микроабразивного удаления влагозащитных покрытий «Борей» имеет все необходимые регистрационные документы, сертификат соответствия, технические условия.

На сайте направления технологических материалов в разделе «Решения для удаления влагозащитных покрытий и компаундов» <http://www.ostec-materials.ru/materials/borei.php> можно ознакомиться с техническими характеристиками оборудования, а также посмотреть видео работы установки.

При размещении заказа на первую установку микроабразивного удаления влагозащитных покрытий «Борей»

ВМ600 мы дарим сертификат на участие в ближайшем тренинге по стандарту IPC-A-610 «Критерии качества электронных сборок».

Специалисты Остека готовы оказать техническую поддержку по всем вопросам, связанным с эксплуатацией установки и процессом удаления влагозащитных покрытий. Оценить эффективность и качество работы установки «Борей» можно во время испытаний в технологическом центре ГК Остек. Заявки на проведение испытаний направляйте по электронной почте materials@ostec-group.ru или по телефону 8 (495) 788-44-44, ООО «Остек-Интегра». 



Экономим времени

1. Совещания:
 2ч. в нед. x 45 нед. =
 = 90 часов в год

2. Обходы:
 Помещеник-четыре
 2ч. в нед. = 90 часов в год

3. Отчеты:
 1ч. 20 мин. в нед. =
 = 30 часов в год

Итого: 90+90+30=
 = 210 часов в год!

1-й год работы
 ПАК "СИНТИЗ"

Показатели производства

1. Снижение энергозатрат	4,2%
2. Коэф-т зарф. оборудования	53 → 68%
3. Соэф. ТОиР	13%

— Рыбалка с Сергеем ✓
 — В отпуск с семьей ✓
 — ЧМ по хоккею ✓
 — С шобингой в Париже ✓



Повышение скорости и качества принятия управленческих решений

Сокращение затрат на обслуживание и эксплуатацию парка оборудования

Повышение качества взаимодействия служб предприятия

Повышение эффективности использования оборудования и сокращение срока его окупаемости

Повышение качества и скорости подготовки отчетов

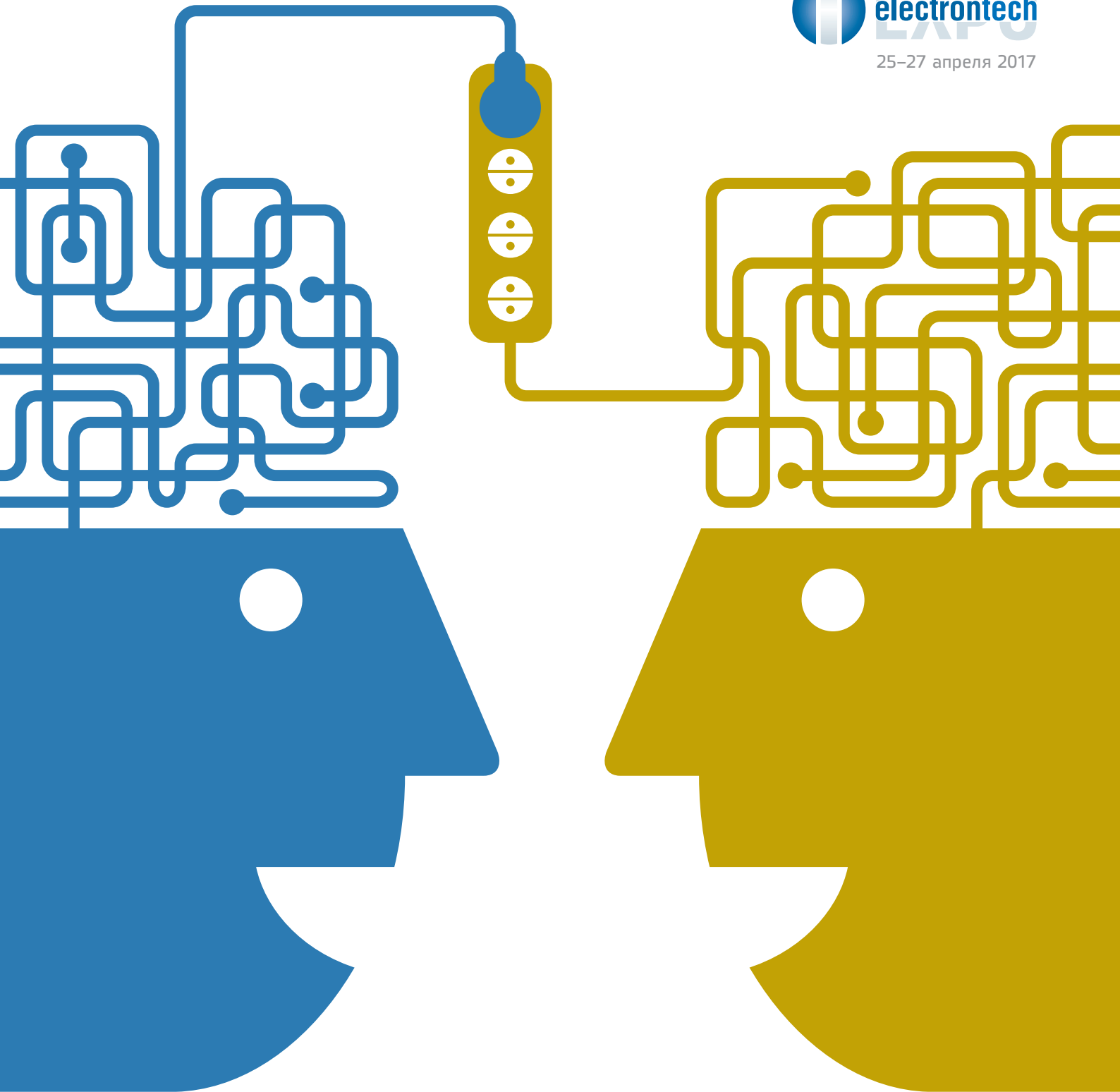
ПАК СИНТИЗ, разработанный специалистами Группы компаний Остек, представляет собой программно-аналитический комплекс, предназначенный для повышения эффективности и сбалансированности работы технологического оборудования и инженерных систем промышленного предприятия.



будущее создается

www.sintiz.ru
 ООО «Остек-СМТ»
 energo@ostec-group.ru
 (495) 788 44 44 (доб. 5500)





Место встречи замыслов и возможностей

Группа компаний Остек приглашает на международную выставку «ЭлектронТехЭкспо 2017». Мы поделимся с вами новыми знаниями об актуальных технологиях и технологиях будущего, покажем наши собственные разработки, продемонстрируем работу новейшего оборудования. На нашем стенде вы найдете актуальные отраслевые решения в области электроники и радиоэлектроники, электротехники, технологий контроля, химико-технологических процессов. Вы первыми узнаете об инновациях во всех профильных областях и о том, как они могут помочь в реализации ваших проектов по модернизации производства. Выставка ЭлектронТехЭкспо 2017 пройдет с 25 по 27 апреля в Москве, в МВЦ "Крокус Экспо", павильон 1, зал 4.