

07 (20) ноябрь 2015

ВЕКТОР

ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ
Научно-практический журнал



ТЕХНОЛОГИИ

Сергей Чигиринский
Владимир Мейлицев

22

МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ
МАТЕРИАЛОВ
НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ
КЕРАМИКИ. ТЕХНОЛОГИИ
КОМПАНИИ FERRO



КАЧЕСТВО

Арсений Ликий
Юрий Ерендеев
Иван Дергунов

30

КОМПЛЕКСНОЕ
ТЕСТИРОВАНИЕ:
СОВРЕМЕННЫЕ
МЕТОДЫ



ТЕХПОДДЕРЖКА

Денис Поцелуев

48

ТРУБЧАТЫЕ ПРИПОИ
ELSOLD – СОВРЕМЕННЫЙ
ВЗГЛЯД НА ТЕХНОЛОГИЮ
РУЧНОЙ ПАЙКИ



Новый язык управления производством

LOGOS

Цифровая
система
управления
приборным
производством

Система LOGOS разработана специально для управления приборным производством. Она дает новые возможности сбора и обработки информации, необходимой для принятия решений, от которых зависят качество, сроки и эффективность работы предприятия.

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.



будущее
создается

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





Уважаемые читатели!

Команда Остека и его гостей совсем недавно вернулась с выставки Продуктроника 2015 – одного из основных отраслевых международных событий, которое прошло с 10 по 13 ноября в Мюнхене. Эта выставка, проводимая один раз в два года, является очень ярким индикатором происходящих в отрасли событий и тенденций. По горячим следам, не претендуя на глубокий анализ, можно вывести отчетливо прослеживаемую тенденцию – желание основных участников выставки продемонстрировать свой взгляд на вопросы комплексной автоматизации современного производства, демонстрацию всех тех решений, которые ассоциируются с так называемой Индустрией 4.0.

Цифровой прогресс, наблюдаемый в последнее время, конечно, впечатляет, он может знаменовать расцвет новой эпохи промышленной автоматизации, связанной с роботами. Они могут работать весь день, каждый день, без необходимости спать, обедать или пить чай.

Предполагается, что промышленные роботы настолько снизят стоимость серийного производства, что оплачивать транспортировку из стран с дешевой рабочей силой станет просто нецелесообразно. В идеале вещи будут производиться в нескольких километрах от того места, где они необходимы.

Глава комитета производителей промышленных роботов МФР Андреас Бауэр считает, что внедрение

роботов в мировую экономику будет расти на 5 % ежегодно. Совсем недавно экономисты Банка Англии рассчитали вероятность замены людей роботами для разных профессий. По оценке исследователей, риск потерять работу грозит 15 млн человек в Великобритании и 80 млн человек в США. Расчеты банка показывают, что треть вакансий в Великобритании уже сейчас с вероятностью 66 % может быть автоматизирована. На предприятиях, считающихся современными и с высокой степенью автоматизации заводских цехов, людей мало, но они есть. И есть много работы, которую они выполняют – это повторяющиеся монотонные операции.

Кэвин Келли, главный редактор журнала Wired, отмечает, что к 2050 году все высокооплачиваемые профессии будут зависеть от автоматизации и машин, которые еще даже не придуманы. Это звучит и как новый вызов, и как новая возможность.

В следующих номерах нашего научно-практического журнала "Вектор высоких технологий" мы и наши эксперты обязательно обсудим эти и другие тенденции, а также расскажем о новинках, продемонстрированных на выставке Продуктроника 2015.

Следите за нашими журналами, приятного вам чтения!

Антон Большаков, директор по маркетингу

В НОМЕРЕ

НОВОСТИ

- | | | | |
|---|---|---|---|
| 4 | РАСТЕТ ИНТЕРЕС
К ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫМ УЧЕТНЫМ
СИСТЕМАМ | 5 | ГОЛОВКА ДОЗИРОВАНИЯ NEXJET NJ-8
РЕАЛИЗУЕТ УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЙ
ПРОЦЕСС ПРЕЦИЗИОННОГО НАНЕСЕНИЯ
МАТЕРИАЛОВ |
| 4 | КОМПАНИЯ ZESTRON ОБЪЯВИЛА О
ГЛОБАЛЬНОЙ СТАНДАРТИЗАЦИИ
МАРКИРОВКИ ВСЕХ ПРОДУКТОВЫХ
ЛИНЕЕК | | |



ПЕРСПЕКТИВЫ стр. 6

ПЕРСПЕКТИВЫ

АВТОМАТИЗАЦИЯ – ПУТЬ К УСПЕХУ.

ВИЗИТ В КОМПАНИЮ «ГЛАЗОВ. ЭЛЕКТРОН» 6

Автор: Илья Шахнович

ТЕХНОЛОГИИ

**МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ МАТЕРИАЛОВ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ
КЕРАМИКИ. ТЕХНОЛОГИИ КОМПАНИИ FERRO** 22

Авторы: Сергей Чигиринский, Владимир Мейлицев

КАЧЕСТВО

**КОМПЛЕКСНОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ:
СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ** 30

Авторы: Арсений Ликий, Юрий Ерендеев, Иван Дергунов

НОВЫЙ ВЗГЛЯД НА КОНТРОЛЬ ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ 34

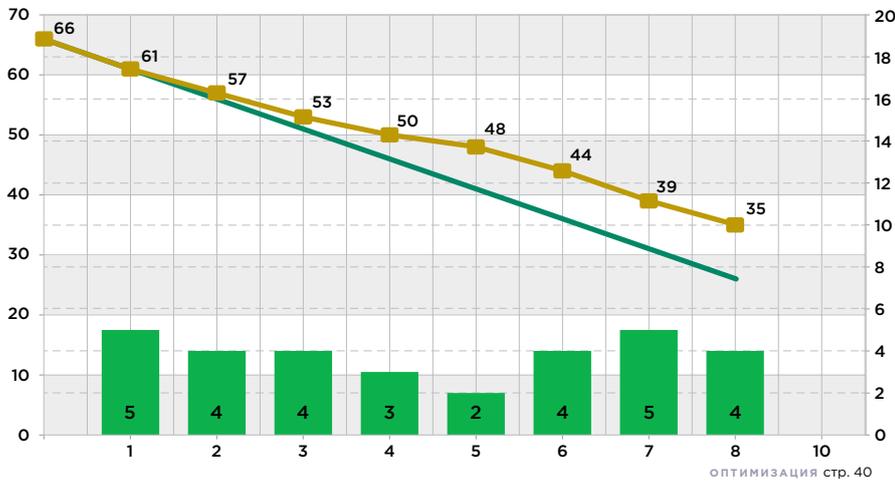
Автор: Степан Жиделев



ТЕХНОЛОГИИ стр. 22



КАЧЕСТВО стр. 34



ОПТИМИЗАЦИЯ

**ВОЗМОЖНОСТИ СЕРВИСА.
ПРОГРАММА «ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ
СБОРОЧНЫХ ЛИНИЙ». ЧАСТЬ 2** 40

Автор: Александр Куликов

ТЕХПОДДЕРЖКА

**ТРУБЧАТЫЕ ПРИПОИ ELSOLD –
СОВРЕМЕННЫЙ ВЗГЛЯД НА ТЕХНОЛОГИЮ
РУЧНОЙ ПАЙКИ** 48

Автор: Денис Поцелуев



ТЕХПОДДЕРЖКА стр. 48

АВТОРЫ НОМЕРА

- Илья Шахнович**
Заместитель главного редактора журнала «Электроника: НТБ»
journal@electronics.ru
- Сергей Чигиринский**
Начальник отдела тонкопленочных и гибридных технологий ООО «Остек-ЭК»
micro@ostec-group.ru
- Владимир Мейлицев**
Редактор журнала «Электроника: НТБ»
journal@electronics.ru
- Арсений Ликий**
Инженер группы радиоэлектроники технологического отдела ООО «Остек-Электро»
nec@ostec-group.ru
- Юрий Ерендеев**
Главный технолог АО «НИИ «Экран»
mail@niiekran.ru
- Иван Дергунов**
Ведущий инженер АО «НИИ ТП»
info@niitp.ru
- Степан Жиделев**
Старший специалист отдела проектов Направления технологий контроля ООО «Остек-СМТ»
lines@ostec-group.ru
- Александр Куликов**
Ведущий менеджер отдела развития ООО «Остек-СМТ»
lines@ostec-group.ru
- Денис Поцелуев**
Начальник отдела продаж ООО «Остек-Интегра»
materials@ostec-group.ru

НОВОСТИ

РАСТЕТ ИНТЕРЕС К ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫМ УЧЕТНЫМ СИСТЕМАМ

Именно такой вывод был сделан в рамках прошедшего на выставке «RuGrids-Electro» круглого стола на тему «Интеллектуальные приборы учёта как базис построения активно-адаптивных сетей», в котором приняли участие специалисты направления энергоэффективности Остек-СМТ.

Во время круглого стола активно обсуждались установки интеллектуальных приборов учета, а также системы связи и каналы передачи от приборов учета до систем хранения и обработки данных.

Александр Завалко, руководитель направления энергоэффективности, рассказал о работе в области интеллектуальных систем учета и подходе к организации умного энергокомплекса предприятия.

Остек-СМТ активно продвигает собственную разработку – интеллектуальную систему измерений энергопотребления «Синтиз». Функционал системы позволяет проводить мони-

торинг, технический учет и анализ энергопотребления оборудования в рамках промышленного предприятия. Точки учета программно-аналитического комплекса «Синтиз» являются аппаратно-независимыми и позволяют выстраивать архитектуру системы в рамках иерархии «точка учета-участок-цех-предприятие». Передача данных между точками и системой происходит по промышленным протоколам передачи, а также по беспроводной сети. Возможности системы позволяют осуществлять мониторинг эффективности работы оборудования, измерение эффекта мероприятий по энергосбережению, задачи нормирования, контроля технологической дисциплины.

Подробнее о системе «Синтиз» можно прочитать в разделе «Решения», подраздел «Умный энергокомплекс» на сайте <http://ostec-energo.ru> или <http://www.ostec-energo.pф> 

ZESTRON
High Precision Cleaning

КОМПАНИЯ ZESTRON ОБЪЯВИЛА О ГЛОБАЛЬНОЙ СТАНДАРТИЗАЦИИ МАРКИРОВКИ ВСЕХ ПРОДУКТОВЫХ ЛИНЕЕК

Компания ZESTRON, ведущий мировой поставщик прецизионных продуктов для отмывки, а также решений профессиональной подготовки в сфере производства электроники, объявила о стандартизации маркировки продукции Zestron и паспортов безопасности в соответствии с принятой ООН новой системой классификации опасности и маркировки химической продукции (СГС).

Новые стандарты предлагают использование единых пиктограмм опасности, сигнальных слов и формулировок кратких характеристик опасности (H-фразы) и мер предосторожности (P-фразы) в маркировке продукции (этикетках) и паспортах безопасности. После тщательного изучения классификации, разработанной OSHA, компания ZESTRON обновила маркировку всей своей продукции, а также паспорта безопасности в соответствии с последними требованиями.

Тодд Ширер (Todd Scheerer), исполнительный вице-президент ZESTRON Americas, прокомментировал: «В связи с изменением формата маркировки поставляемые компанией ZESTRON контейнеры объемом 5, 25 и 200 литров теперь снабжаются этикеткой-буклетом на 24 языках, содержащей всю необходимую информацию и пиктограммы». 





ГОЛОВКА ДОЗИРОВАНИЯ NEXJET NJ-8 РЕАЛИЗУЕТ УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЙ ПРОЦЕСС ПРЕЦИЗИОННОГО НАНЕСЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ

Компания Asymtek, мировой лидер в производстве систем дозирования и влагозащиты, представляет новый струйный аппликатор NexJet® NJ-8. Благодаря новому аппликатору упрощается и совершенствуется процесс дозирования в серийном производстве, когда скорость, точность, гибкость и надежность являются ключевыми факторами.

Одна из особенностей нового аппликатора – сменные картриджи. Они быстро и легко снимаются, очищаются и устанавливаются снова без использования каких-либо инструментов, сводя к минимуму время обслуживания системы дозирования. Для обеспечения высокой точности и повторяемости объемов доз в NexJet используется уникальная система контроля с обратной связью, традиционная для установок дозирования Asymtek.

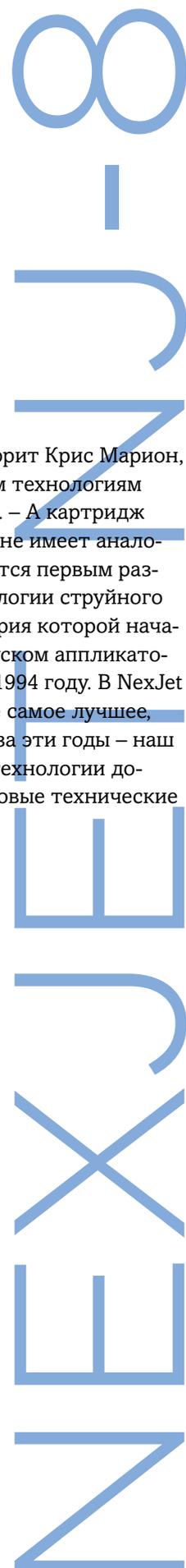
Головка NexJet NJ-8 рассчитана на долгий срок службы, чрезвычайно надежна и может работать с различными материалами: от вязких до текучих. Также она была опробована в разных процессах, подразумевающих прецизионное нанесение различных материалов, в том числе: заливка под корпусом, COB, селективная влагозащита, монтаж кристаллов, корпусирование, струйное дозирование силиконовых герметиков, дозирование SMD клея. С новой конструкцией картриджей переход на любой другой процесс занимает считанные секунды. Данная технология даже получила

название «ReadiSet and Jet», что является измененным вариантом команды «Ready-Set-Go!» («На Старт-Внимание-Марш!»). NJ-8 экономит время, материалы и ресурсы своих пользователей.

Управляет процессом дозирования запатентованное программное обеспечение компании Asymtek. Во время работы контролируются давление подачи материала, объемы и диаметры доз, отслеживается изменение вязкости материала.

«NexJet – это опробованная рабо-

чая лошадка – говорит Крис Марион, директор по новым технологиям компании Asymtek. – А картридж ReadiSet попросту не имеет аналогов. Asymtek является первым разработчиком технологии струйного дозирования, история которой началась вместе с выпуском аппликатора DispenseJet® в 1994 году. В NexJet интегрировано все самое лучшее, что было сделано за эти годы – наш огромный опыт в технологии дозирования и передовые технические решения». 



ПЕРСПЕКТИВЫ

Автоматизация — путь к успеху.

Визит в компанию
«Глазов. Электрон»

Текст: **Илья Шахнович**

”

Производственные предприятия выполняют не только чисто функциональные задачи — изготовление и продажу продукции. Велика и их социальная роль, прежде всего — в плане обеспечения занятости людей, предоставления им возможностей для самореализации и развития. Однако зачастую социальные и коммерческие задачи оказываются взаимоисключающими. Пример того, как эти противоречия удается превратить в движущий фактор развития, демонстрирует предприятие ООО «Глазов. Электрон», учредителем которого выступает Всероссийское общество слепых (ВОС).

Казалось бы, о каком эффективном бизнесе можно говорить в рамках производственной компании, где более половины работников — люди с физическими ограничениями по состоянию здоровья? Оказывается, это более чем возможно. И тут на помощь приходят современные технологии. Компания «Глазов. Электрон» выпускает электрические жгуты, поэтому речь идет о современных технологиях обработки проводов и кабелей, таких как мерная резка, зачистка, армирование разъемами, тестирование и т.п. В частности, на предприятии действует пять автоматических линий ведущих швейцарских производителей, причем три из них — производства компании Koma, а также современное полуавтоматическое оборудование для опрессовки контактов и тестирования жгутов. Все это позволяет компании «Глазов. Электрон» выступать авторизованным поставщиком таких компаний, как АВТОВАЗ, Candy и ВЕКО.

Чтобы увидеть, как организован производственный процесс компании, насколько велика роль современного автоматического оборудования, мы приехали в город Глазов Удмуртской Республики. Нас встречает генеральный директор ООО «Глазов. Электрон» Габит Мансурович Муллахметов.

Габит Мансурович, как создавалось предприятие «Глазов. Электрон»?

В 1928 году в Глазове была создана веревочная мастерская, где впервые начал использоваться труд слепых людей. В 1946 году на ее основе постановлением Правительства Удмуртской АССР было организовано учебно-производственное предприятие Всесоюзного общества слепых (УПП ВОС) — Глазовское УПП ВОС. С этого времени мы и ведем отсчет нашей деятельности. В 1962 году при взаимодействии с ПО «Ижмаш» предприятие стало специализироваться на выпуске тормозных колодок для автомобилей и мотоциклов марки «Иж», в 1968 году приступило к производству жгутов проводов для электрооборудования автомобилей и мотоциклов «Ижмаш». В 1991 году был поставлен производственный рекорд: выпущено 160 тыс. автомобильных и 380 тыс. мотоциклетных жгутов.

Сегодня «Ижевский автозавод» остается нашим основным заказчиком. На его долю приходится порядка 60 % объема выпускаемой продукции. Однако ряд проблем этого предприятия — смена собственников, остановки производства — заставили руководство «Глазов.



Г. Муллахметов

Электрон» диверсифицировать свой портфель заказов. Внимание было обращено на производителей бытовой техники. В результате сегодня порядка 40 % продукции предназначено для этой области.

Направление жгутов для автомобильной электроники остается для вас доминирующим?

Конечно, мы к этому стремимся, хотя сегодня работать с автопроизводителями очень непросто. В 2010 году, когда я пришел в компанию «Глазов. Электрон», работа велась лишь три дня в неделю, поскольку на Ижевском автозаводе было остановлено производство. После того, как это предприятие в 2010 году посетил В. В. Путин, было принято решение о том, что завод входит в Группу «АВТОВАЗ», и предприятие начало выпуск автомобилей LADA 2107, 2104, ИЖ-271751 (фургон). Соответственно, мы стали изучать требования АВТОВАЗа к поставщикам, сумели внедрить их на своем предприятии и начали выпускать жгуты проводов для классических моделей LADA 2104, ИЖ-27175.

В итоге очень успешно работали в 2011 году, сумели погасить все задолженности и сформировать планы на будущее. В сентябре 2012 года классические модели были сняты с производства Ижевского автозавода, вместо них запустили автомобили LADA Granta Седан. Чтобы стать поставщиком жгутов для этой модели, мы должны были сертифицировать производство по стан-

дарту ISO 16949 «Системы менеджмента качества. Особые требования по применению ISO 9001–2008 для организаций-производителей серийных и запасных частей для автомобильной промышленности». Сертификация по ISO 16949 — одно из основных требований, которое АВТОВАЗ предъявляет к своим поставщикам компонентов. Мы провели анализ и из всех сертификационных центров выбрали французскую компанию UTAG. Она сертифицировала практически все заводы Renault, в том числе — предприятие АВТОВАЗ.

Работа по сертификации была непростой. Первый аудит выявил ряд серьезных проблем, в первую очередь, связанных с подготовкой персонала. В 2012 году мы провели обучение 20 технических специалистов «Глазов. Электрон», к нам из Франции приезжали сотрудники UTAG. В итоге в октябре 2012 года мы получили сертификат ISO 16494 и каждый год его подтверждали. В июле 2015 года проведен повторный сертификационный аудит, по его результатам будет выпущен сертификат со сроком действия три года.

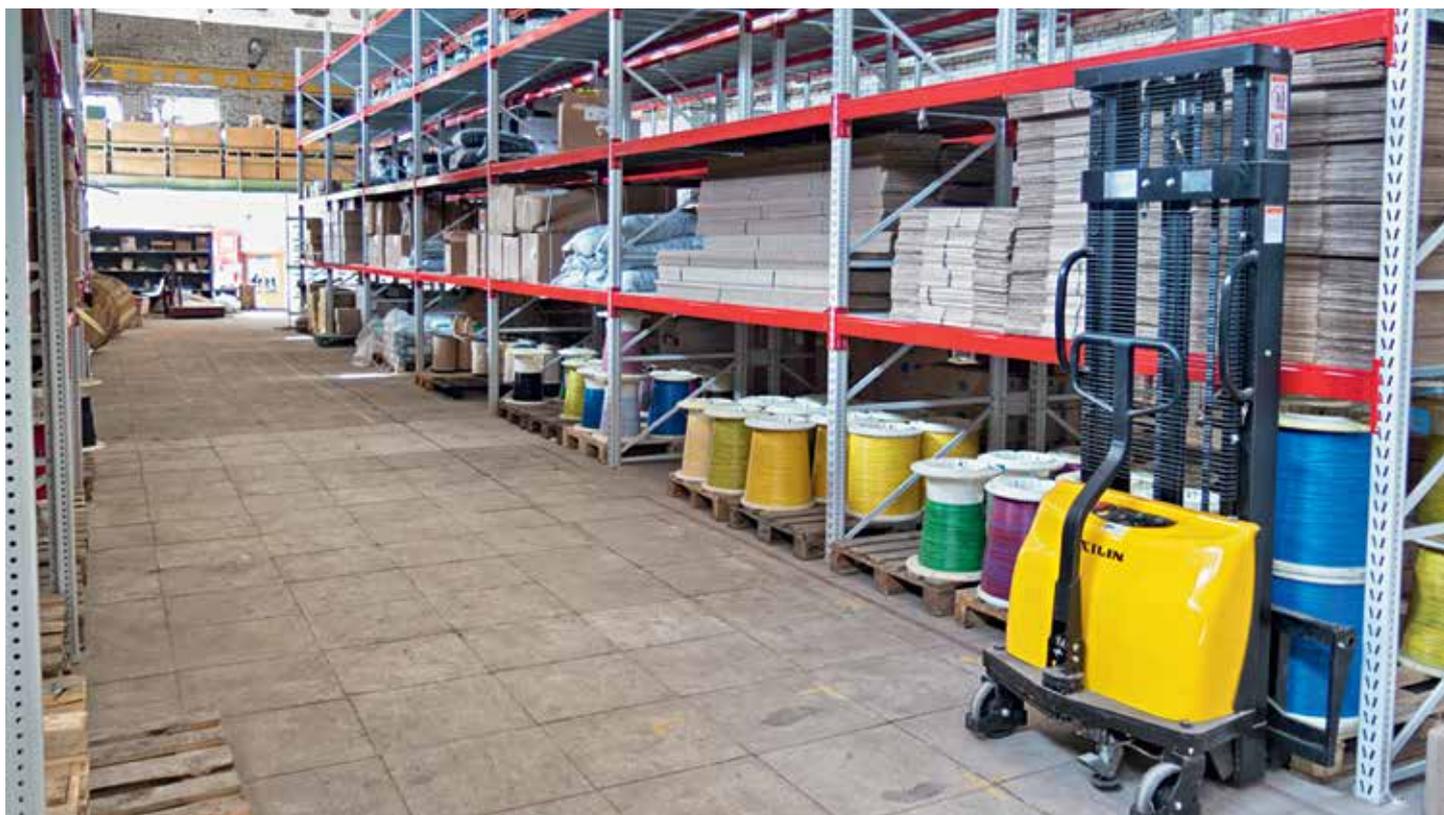
В 2013 году на «Ижевском автозаводе» началось внедрение совершенно новых моделей — LADA Granta лифтбек и Nissan Sentra. Соответственно, изменились требования к жгутам, что потребовало от нас технологической модернизации. В 2013 году в техническое перевооружение предприятия было вложено более 30 млн руб. В частности, была приобретена система обработки кабеля Komax Alpha 455, новое стеновое

оборудование. Благодаря этим инвестициям мы смогли провести валидацию производства по требованиям АВТОВАЗа и выступаем поставщиками кабелей для LADA Granta лифтбек.

Однако сегодня при работе с автопроизводителем сложным вопросом является ценообразование, и, в первую очередь, это связано со сменой руководства АВТОВАЗа. Приход новых руководителей очень негативно повлиял на финансовую устойчивость нашего предприятия. Ситуацию усугубило падение курса рубля — стоимость комплектации выросла, а цены на готовую продукцию остались прежними. Мы были вынуждены поставлять продукцию по чрезмерно низким ценам, ежемесячно занимаемся согласованием цен с АВТОВАЗом. В целом, АВТОВАЗ показывает нежелание сотрудничать, они не хотят понимать наши проблемы, прежде всего, связанные с ценообразованием. Тем не менее, мы стремимся продолжить работу с этим российским автопроизводителем, видим свое будущее в автопроме, но и не только в нем.

Поэтому вы и развиваетесь в направлении бытовой техники?

Рынок бытовой техники гораздо более стабилен. В 2007 году на предприятии стартовал большой инвестиционный проект, в результате которого «Глазов. Электрон»



Производство начинается со склада

приступил к производству жгутов для стиральных машин итальянской компании Candy. По сути, этот проект позволил предприятию выжить в кризис 2009–2010 годов и развиваться дальше. В 2009 году объем поставок «Глазов. Электрон» для Candy составил 33 млн руб., а в 2010 году он вырос на 26 %, до 41,5 млн руб.

В рамках организации производства жгутов для Candy мы освоили технологию монтажа разъемов методом прорезания изоляции (технология IDC — Insulation Displacement Connection). Примечательно, что в России только «Глазов. Электрон» владеет такой технологией и оснащен соответствующим оборудованием.

Технологическое перевооружение, реализованное в рамках проекта с Candy, а также модернизация под требования автопрома позволили нам привлечь еще одного заказчика по бытовой технике — компанию ВЕКО. К нам приезжали представители этой крупнейшей турецкой компании, знакомились с действующей на предприятии системой менеджмента качества, с организацией производства в целом. Они побывали на многих предприятиях и в конечном итоге выбрали именно нас. Работа с этим производителем началась в 2012 году, сегодня продукция для ВЕКО в общей структуре поставок «Глазов. Электрон» составляет 20–25 %.

Мы продолжаем наращивать объемы производства, уже в 2015–2016 годах планируем техническое перевооружение под задачи бытовой техники. Мы видим перспективу именно в данном направлении, хотя, конечно, продолжаем активно работать и на рынке автомобилестроения.

За счет чего вам удается реализовать проекты технического перевооружения?

Наше предприятие — социально-направленное. Мы проводим трудовую реабилитацию людей с ограничениями

по состоянию здоровья, причем не только по зрению. У таких людей ведь также есть потребность в общении, в ощущении своей востребованности. И мы решаем эту важнейшую задачу. Поэтому нам активно помогает Центральное правление (ЦП) ВОС и руководство Удмуртской Республики. ЦП ВОС оказало очень существенную финансовую поддержку в перевооружении предприятия. Мы представляем его руководству программу развития предприятия, защищаем ее, доказываем необходимость техперевооружения, получаем замечания. Но самое главное — находим понимание и реальную поддержку. Без совместной плодотворной работы с ЦП ВОС нам было бы очень сложно.

В 2010 году в Удмуртии была принята трехлетняя республиканская целевая программа развития предприятий ВОС, направленная на создание дополнительных рабочих мест для инвалидов. В рамках реализации этой программы Правительство республики выделило инвестиционный кредит, прошло техническое перевооружение производства, обучение и повышение квалификации специалистов.

Мы участвуем в программе Правительства Удмуртской Республики «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности», в рамках которой предусмотрены финансовые средства на техническое перевооружение. Эта программа будет действовать до 2020 года.

Немаловажно, что мы входим в состав Ассоциации промышленных предприятий Удмуртии, которая объединяет порядка 35 компаний. Заседания Ассоциации проходят на различных предприятиях Удмуртии, Татарстана, теперь и Башкирии. Поэтому мы видим все лучшее и стремимся использовать успешный опыт других. На заседаниях Ассоциации присутствуют руководители и министры правительства республики. В августе 2014 года заседание Ассоциации проходило у нас, в нем участвовали заместитель Председателя правительства



Заготовительный участок, оснащенный четырьмя автоматическими линиями

Удмуртской Республики, министры экономики и промышленности и энергетики. В 2010 году предприятие посетил Глава Удмуртской Республики А. В. Соловьев. Очень помогает возможность обратиться к руководству республики, зная, что встретишь понимание. Поддержка со стороны как ВОС, так и руководства Удмуртской Республики позволяет чувствовать уверенность в будущем и заниматься развитием компании. В 2014 году мы выпустили продукции на 163 млн руб.

Пока трудно что-либо сказать о результатах 2015 года, но видна тенденция к росту. Сегодня на предприятии работают 168 человек и 86 из них — люди с ограничениями по состоянию здоровья. У нас обновляется коллектив, приходит много молодежи. Средний возраст сотрудников сегодня — около 35 лет, 22 % сотрудников — это инженерно-технический персонал. Предприятие «Глазов. Электрон» входит в 20 самых крупных производителей жгутовой продукции России. Наши заказчики подтверждают свое желание работать с нами. Уверен, что предприятие будет стабильно работать и развиваться.

С производством компании «Глазов. Электрон» нас знакомят **технический директор Анастасия Николаевна Джулай и главный инженер Владимир Евгеньевич Семакин.**

В. Семакин: Наше производство многономенклатурное. Только в 2014 году мы освоили 60 видов жгутов. В производстве находится половина этой номенклатуры, причем она постоянно меняется. В месяц мы выпускаем более 100 тыс. жгутов различной сложности. Например, в заднем автомобильном жгуте — порядка 80 проводов. Модернизация производства эффективна, только если она проводится комплексно. Поэтому у нас этот процесс затронул не только технологиче-



В. Семакин

ское оборудование, но и сами помещения, инженерную инфраструктуру предприятия, внутреннюю логистику. И он постоянно продолжается. Так, в прошлом году мы установили новые компрессорные станции — с системой осушения воздуха. В итоге радикально сократилось число отказов, что сказалось на качестве и себестоимости продукции.

Производство начинается со склада. Все материалы проходят входной контроль. Он выборочный, в зависимости от типа комплектующих и категории поставщика, которую мы присваиваем сами. Материалы складировются с учетом дат поставки и выдаются по лимитным картам на производственные участки.

А. Джулай: Структурно производство разделено на участки по типам продукции: автомобильные жгуты, кабели для бытовой техники. Все процессы автоматизированы. На предприятии установлены пять автоматических линий мерной резки и зачистки проводов с обжимом наконечников. Три автомата — швейцарской компании Komaх. Первые автоматические установки нам передали от других предприятий ВОС, этим и объясняется столь разнородный парк оборудования. Все автоматические линии — не новые, 2006–2008 годов выпуска, однако вполне исправны и надежны. Особенно в этом плане отличаются системы Komaх, благодаря их высокой надежности, а также техническому обслуживанию, которое обеспечивает компания Остек.



А. Джулай



Автоматическая линия Комах Gamma 333 PC (слева). Автоматическая линия Комах Alpha 455 (справа). На переднем плане виден поворотный стол с аппликаторами



Насколько загружены автоматические линии?

Предприятие работает в одну смену по 8 часов. И при этом загрузка автоматов обработки проводов составляет 100–120 % от номинальной. Мы используем их полностью. Особенно это важно, когда возникают пиковые нагрузки, связанные с неритмичностью поступления некоторых комплектующих. Ведь сроки плановых поставок у многих изготовителей могут достигать 20 недель. А производственные планы сильно зависят от заказчиков, они постоянно меняются, нам далеко не всегда удается согласовать программу выпуска на длительный срок. И в таких случаях высокая надежность и производительность автоматических линий становится решающим фактором.

Давайте посмотрим, как производятся автомобильные жгуты

Сейчас участок автомобильных жгутов загружен заказами для модели LADA Granta лифтбек. Материалы с центрального склада поступают на складские участки на производстве. Они организованы по тому же принципу, что и основной склад. Со склада материалы поступают на заготовительный участок. Здесь установлены четыре автоматические линии. Первую — Комах Gamma 333 PC — мы закупили в 2007 году. В 2013 году мы приобрели автомат Комах Alpha 455. Эта система нам очень нравится. У нее два поворотных стола, большое число аппликаторов, что очень удобно. Дополнительно Остек поставил нам модули монтажа уплотнителей и лужения контактов — последняя опция важна. Все автомати-



Аппликаторы



В тестовой лаборатории



Полуавтомат Cosmic 48R компании Komax для зачистки тонких коаксиальных проводов (слева). Участок финишной сборки автомобильных жгутов (справа)

ческие линии снабжены модулями контроля качества опрессовки наконечников: проверяется высота обжима, усилие на отрыв. Хотя четыре автоматические линии находятся на участке автомобильных жгутов, они используются при производстве всех типов продукции.

Мы постоянно расширяем парк аппликаторов для автоматов. Сейчас у нас порядка 156 позиций, в основном это аппликаторы компании Mecal (она является поставщиком узлов и комплектующих для обжимки контактов компании Komax). Состояние аппликаторов контролирует наша лаборатория. С помощью тестируемого аппликатора на специальном прессе выполняется обжим контакта. Затем исследуется сечение провода на заполняемость места опрессовки, на наличие срезанных жил и т. п. В случае отрицательного заключения

лаборатории о пригодности аппликатор отправляется на доработку. Обслуживание аппликаторов проводится как периодически, так и при обнаружении проблем в ходе работы.

Автоматический монтаж контактов возможен не всегда, поэтому мы используем полуавтоматический обжим. Для этого применяются прессы компании Mecal, также с контролем усилия на отрыв. Есть и участок «сухой армировки» (ручной опрессовки) — здесь работают люди с серьезными ограничениями по состоянию здоровья, в том числе по зрению.

Есть у нас и участок ультразвуковой сварки. Он оснащен оборудованием со встроенной системой контроля качества. Эта система автоматически контролирует, сколько жил в сечении провода. Если часть жил срезана



Участок выходного контроля (слева). Стенд проверки геометрии жгутов (справа)

при зачистке и в зоне сварки их оказывается меньше заданного числа, то процесс будет автоматически блокирован. Для монтажа термоусадочных трубок на месте соединения проводов используем полуавтоматическую установку, созданную специально для задач автомобильной промышленности. Для зачистки очень тонких коаксиальных проводов мы приобрели полуавтомат Cosmic 48R компании Komaх. Таким образом, на каждом этапе мы стремимся исключить влияние человеческого фактора на качество продукции.

Из подготовленных проводов на участке предварительной сборки изготавливаются отдельные модули — подборы, которые затем поступают на участок финальной сборки. После монтажа готовые жгуты передаются на участок выходного контроля.

В. Семакин: По требованиям АВТОВАЗа все жгуты проверяются на соблюдение геометрических размеров. Затем выполняется полная функциональная проверка каждого жгута. Для этого мы используем специальные тестовые стенды испанской компании EMDEP. Стенды очень качественные и высокотехнологичные. На них проверяется целостность электрических цепей, при необходимости — герметичность разъемов. Контролеры поначалу с трудом переходили на новые стенды, но затем оценили все их достоинства. После того, как жгут успешно прошел проверку, автоматически распечатывается этикетка. Годные жгуты передаются на участок упаковки, затем отправляются на склад готовой продукции и отгружаются заказчику — на «Ижевский автозавод».

А. Джулай: Отдельный участок занят производством жгутов аккумуляторно-стартерной группы. Очевидная особенность таких жгутов: в них используются провода большого сечения. На участке установлен размотчик кабеля Komaх ads 112, установка нарезки и зачистки Komaх Карра 235, мощный пресс для обжима контактов p200 ВТ компании Mecal. Специально для того, чтобы удовлетворить требованиям Nissan, мы приобрели установку проверки усилия на отрыв Mecal SMST. Все аккумуляторные жгуты проходят проверку геометрии, у 10 % из них проверяется сопротивление. В месяц мы стабильно выпускаем 12–15 тыс. таких жгутов.

Производство жгутов для бытовой техники организовано аналогично?

Да. Участки сборки и тестирования жгутов Candy и ВЕКО разделены, но аналогичны друг другу. Производство начинается с заготовительного участка, где установлена автоматическая линия мерной резки и зачистки проводов, обжима контактов Komaх Gamma 333 PC-B. Система была приобретена в 2007 году и до сих пор надежно



Тестовые стенды компании EMDEP



Упаковка готовой продукции

работает, в том числе благодаря сервисной поддержке специалистов Остека.

Установка автоматически проверяет высоту опрессовки, усилие на разрыв. Особенность участка — поддержка технологии IDC, поскольку разъемы IDC широко используются в бытовой технике. Мы применяем клеммы с обжимными контактами IDC немецкой компании STOCKO. Причем эта фирма сама производит оборудование для автоматизированного обжима своих контактов. На нашем предприятии несколько установок Stockomat ECO-DOMO. Каждая из них настроена на определенный шаг выводов разъема — 5 или 2,5 мм. Армированные разъемы провода направляются на участок сборки. Собранные жгуты тестируются на целостность цепей.

На участке бытовой техники используются стенды нашего собственного производства, в них применяются тестеры компаний EMDEP. В случае успешного прохождения теста на каждый жгут автоматически распечаты-

вается этикетка. Проверенные жгуты поступают на участок упаковки — для каждого заказчика предусмотрена своя тара. Затем они отправляются на склад готовой продукции и передаются заказчику.

Как в компании «Глазов. Электрон» организован контроль качества?

На предприятии внедрены системы менеджмента качества в соответствии со стандартами ISO 9001 и ISO 16949. У нас есть специальный штат контролеров — 12 подготовленных специалистов. На участке автомобильных жгутов действует два контрольных поста, аналогичные посты предусмотрены на других участках. На первом посту проверяется качество опрессовки контактов (усилие на отрыв), проводится визуальный контроль правильности наложения банджа и укладки проводов, наличия маркировки, скрепляющих элементов. Данные проверок заносятся в журнал контроля качества. На втором посту проверяются жгуты после финальной сборки. Контролируется только геометрия жгута, проводится визуальный контроль качества. При контроле мы не проводим функциональные тесты, поскольку все равно 100 % жгутов проверяется на геометрию и на целостность цепей при выходном контроле. Причем перед началом проверок сами стенды контролируются по эталонным жгутам.

В компании действует система допусков к выполнению сменного задания. Ежедневно контролируется только первая годная деталь, и, если с ней все в порядке, сборщик получает допуск к выполнению сменного задания. Поэтому в течение каждого первого рабочего часа смены вся продукция имеет «неопределенный» статус, и после получения допуска контролера считается годной. Качество остальной продукции в течение смены контролируют сами работники.



Аккумуляторные провода с коннекторами



Участок жгутов аккумуляторно-стартерной группы. Размотчик кабеля Komax ads 112 (слева), установка нарезки и зачистки Komax Kappa 235 (справа)

У нас обеспечивается полная прослеживаемость жгутов — от комплектующих до отгрузки. Для этого мы используем систему сопроводительных листов. Первый сопроводительный лист формируется еще на заготовительном участке и сопровождает партию подготовленных проводов на участок предварительной сборки. Для каждого модуля формируется свой сопроводительный лист. В нем фиксируются контролируемые параметры: усилие отрыва, правильность сборки колодки и т. д. Модули со своими сопроводительными листами поступают на участок финальной сборки, где формируется итоговый сопроводительный лист. Когда жгут готов и проверен, все связанные с ним сопроводительные листы хранятся пять лет. И в случае необходимости всегда можно восстановить причину проблем с любым нашим жгутом. Но до сих пор этого не требовалось — мы не получали ни одной рекламации от заказчиков.

Пока весь документооборот ведется в бумажном виде, но в будущем мы планируем переход на полностью электронную систему прослеживаемости и управления производством в целом, со штрихкодированием каждой детали. Однако на это нужны значительные инвестиции.

В. Семакин: Очень серьезное внимание мы уделяем подготовке персонала как части стратегии развития компании и повышения качества продукции. На предприятии действует учебный класс, где регулярно проводятся семинары и тренинги. Предусмотрена специальная зона, где каждое утро проходит производственное совещание, каждый руководитель рассказывает о своих проблемах, они детализируются и решаются. Индикаторы текущих работ, поднятые вопросы и проблемы фиксируются на специальной доске в зоне совещания, на ней же отражается ход решения возникших проблем.



Прессы обжима наконечников компании Mecal – p200 BT (слева) и p40 BT (справа)



Установка для проверки усилия на отрыв Mecal SMST (слева). Стенд проверки геометрии жгута аккумуляторно-стартерной группы (справа)

Как организована подготовка производства?

От заказчиков мы получаем чертежи жгутов в бумажном виде. Конечно, гораздо удобнее работать в средах электронных систем проектирования, получая документацию в форматах современных САПР. Но наши заказчики пока к этому не готовы.

Поэтому на основе чертежей мы сами разрабатываем конструкторско-технологическую документацию. Для этого используем адаптированную под жгутовое производство систему «ТехноПро». Она автоматизирует процесс подготовки технологической документации, позволяет написать технологический маршрут, подготовить операционные карты. Сначала строится дерево

жгута, дальше к этому дереву добавляются операции, которые выполняет производственный персонал.

Схемы жгутов разрабатываем в системе «Компас», на их основе распечатываем шаблоны для сборки. Причем новый шаблон нужно проверить, по нему собирается жгут и проверяется. Если жгут годен, шаблон передается на производство. В автоматические линии обработки проводов необходимые данные вводят наладчики. И дальше операторы производят резку по сопроводительным листам. Аналогично, для стендов тестирования на основании чертежа вводится схема соединений жгута, а сами стенды контролируются по эталонным жгутам.



Участок жгутов для бытовой техники (слева). Автоматическая линия Komaх Gamma 333 PC-B (справа)



Системы установки IDC-коннекторов Stockomat ECO-DOMO

Одна из задач предприятия «Глазов. Электрон» — предоставить рабочие места инвалидам, то есть занять людей. И в то же время вы активно вкладываете средства в автоматизацию производства. Нет ли здесь противоречия? Нужна ли автоматизация, если стоит задача создания рабочих мест?

А. Джулай: Противоречия здесь нет. Прежде всего, без автоматизации производственных процессов мы не сможем обеспечить должное качество и лишимся заказчиков. И в этом роль нашего автоматического оборудования, с функциями контроля качества процессов, трудно переоценить. Кроме того, автоматизация — это путь повышения производительности труда. Без нее мы едва бы справились с нашими объемами заказов, тем более, что они постоянно растут.

В. Семакин: Более того, нам сегодня не хватает автоматизации многих процессов, в частности — бан-

дажирования жгутов. Ведь автоматизация — это один из путей снижения себестоимости продукции. Наши заказчики заставляют нас искать наиболее эффективные решения. Так, мы начали процесс внедрения конвейера на участке сборки жгутов. Конвейерная линия позволяет увеличить производительность труда до 20 %. Мы организовали опытный карусельный конвейер на шесть постов — больше пока не позволяют площади. При этом пока конвейер как таковой не используется — мы хотим, чтобы люди сначала привыкли к новому расположению рабочих мест. Затем попробуем работать в режиме конвейера, обкатаем процесс, выявим и устра-



Участок сборки





Участок тестирования



ним проблемы, определим оптимальное число постов и лишь затем будем внедрять конвейер в серийное производство. В дальнейших планах — приобретение автоматической линии транспортировки жгутов на участке бытовой техники. Модули будут переходить из зоны резки и опрессовки в зону подсборов, а затем и финальной сборки.

Огромное значение имеет автоматизация процессов финального тестирования. В частности, мы инвестировали весьма серьезные средства в приобретение совре-

менных стандов компании EMDEP и не ошиблись. Достаточно сказать, что именно наличие стандов EMDEP стало решающим аргументом при аудите АВТОВАЗа, после чего нам был присвоен статус поставщика этого автоконцерна. И конечно, персоналу намного удобнее работать с самыми современными средствами тестирования. Ведь станды EMDEP — это продукт совсем другого класса. Работая с таким оборудованием, и само предприятие поднимается на ступеньку выше, и его сотрудники профессионально растут.



Контрольный пост № 1 после предварительной сборки автомобильных жгутов

Каковы перспективы дальнейшего развития компании «Глазов. Электрон»?

Г. Муллахметов: Лозунг компании: «Наше будущее — это настоящая работа сегодня». И в этих словах мы видим путь развития.

Сейчас формируется коллектив, который будет определять будущее предприятия на ближайшие годы. Поэтому нам так важно сохранить сотрудников и технологии. Пусть у нас не велика зарплата, но она выплачивается вовремя, нет задолженностей. Люди приходят к нам, видят коллектив, реальное развитие предприятия и готовы связать с ним свое будущее. Наша цель — оправдать эти надежды. Мы стремимся диверсифицировать свою деятельность. Нам важно сохранить существующих заказчиков в автомобильной промышленности. Мы с пониманием относимся к их проблемам, развиваемся вместе с ними, осваиваем новые технологии. В то же время, направление бытовой техники доказало, что на его основе можно строить стабильную работу предприятия. В России большой рынок. Причем, если компания Candy использует наши жгуты для своего локального российского производства, то ВЕКО поставляет нашу продукцию и на свои европейские фабрики. Мы видим рост объемов, рассчитываем на этих заказчиков и намерены постоянно оправдывать их доверие. Мы открыты для любых заказов.

Немаловажно, что нас поддерживает ЦП ВОС и руководство Удмуртской Республики. Эта поддержка выражается в реальной возможности модернизировать производство. В результате наше предприятие постоянно развивается, каждый год мы стараемся внедрять улучшения.



Здесь проводятся ежедневные производственные совещания, на доске с индикаторами отражен весь ход работ



В чем особенность компании «Глазов. Электрон» с точки зрения поставщика оборудования? Об этом нам рассказал Роман Лыско, начальник отдела модернизации производства кабельных изделий

ООО «Остек-ЭТК».

Особенность компании «Глазов. Электрон» в активной позиции руководства, в проводимой ими политике развития. Очень показательным является их стремление диверсифицировать портфель заказов. Работа с крупнейшими производителями бытовой техники — хорошее тому подтверждение. За два года на предприятии произошли очень серьезные изменения: от ремонта помещений, модернизации складского комплекса до организации производства.

Предприятие взяло курс на автоматизацию процессов сборки. На очень высоком уровне работает эксплуатационная служба, что вместе с высокой надежностью оборудования Komax обеспечивает его эффективную эксплуатацию.

Очень хорошо отлажена система контроля качества — собственно, без этого предприятие не смогло бы пройти аккредитацию поставщика АВТОВАЗа. Показательно, что в 2013-2014 годах «Глазов. Электрон» инвестировал средства именно в системы контроля качества. Внедрение систем электрического тестирования кабелей компании EMDEP — это наш совместный проект, в ходе которого специалисты «Глазов. Электрон» продемонстрировали очень высокую квалификацию. Не сомневаюсь, что наша эффективная и взаимовыгодная работа продолжится.



Карусельный сборочный конвейер на шесть постов

Наконец, существенную помощь нам оказывает поставщик оборудования и сервис-партнер — ГК Остек. Полагаю, наше развитие неразрывно связано именно с этой компанией. Во многом благодаря специалистам Остека парк технологического оборудования Komax, Mecal, EMDEP исправно работает, все проблемы устраняются быстро

и четко. Очень важно, что на складе этой компании всегда есть необходимые запчасти. Поставка возможна по гарантийному письму, что нам, как серийным производителям, очень удобно — не приходится ждать. В целом, мы с оптимизмом смотрим в будущее, ориентируемся на постоянное развитие. И для этого есть немало оснований.

Визит завершен. В чем особенность компании «Глазов. Электрон»? Прежде всего — в глубокой автоматизации процессов изготовления электрических жгутов. Причем нельзя сказать, что компания работает со стабильными, гарантированными заказами — скорее наоборот. Тем не менее, решение всех проблем ее руководство видит во внедрении современного технологического оборудования. И, как показал опыт компании, это совершенно оправданный подход. Конечно, предприятию пришлось бы очень тяжело без поддержки ЦП ВОС и руководства своего региона — Удмуртской Республики. Но заслуга руководителей «Глазов. Электрон» в том, что они обращают эту поддержку не на «выживание», а именно на развитие своей компании. Такой подход уже определил успех и нет сомнений, что будет определять его в дальнейшем. ▣

через 10 лет интенсивной эксплуатации



антистатическая промышленная мебель GEFESD останется столь же надежной.

- Продуманная эргономика повышает работоспособность и снижает утомляемость.
- Конструкция, качество материалов и испытания обеспечивают надежность изделий на срок более 10 лет.
- Постоянная модернизация конструкций позволяет соответствовать современным технологическим задачам.
- Модульность и широкий ассортимент комплектующих и опций гарантируют гибкую конфигурацию рабочих мест.

Соберите рабочее место в требуемой комплектации, воспользовавшись онлайн помощником на нашем сайте:
<http://www.gefesd.ru/designer>



www.gefesd.ru
8 (800) 700-14-44, бесплатный звонок
из любого региона России
+7 (495) 788-44-44
e-mail: sales@gefesd.ru

ТЕХНОЛОГИИ

Методы КОНТРОЛЯ

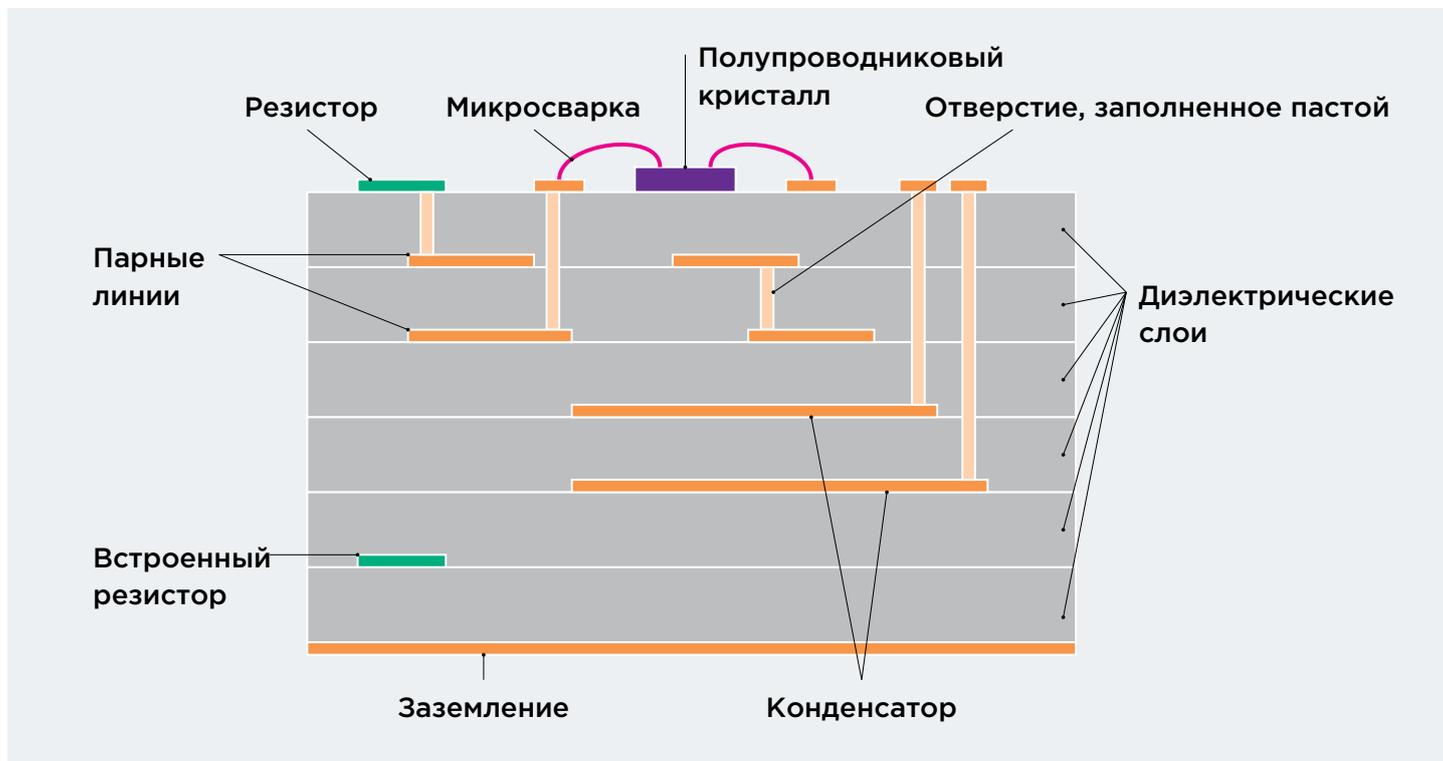
материалов низко-
температурной
керамики.

Технологии
компании Ferro

Текст: Сергей Чигиринский
Владимир Мейлицев

”

Низкотемпературная совместно спекаемая керамика (LTCC — Low Temperature Cofired Ceramics) получает все большее распространение не только в области специальных высокочастотных применений, но и в более простых, бытовых сферах. В России многие разработчики уже пришли к выводу, что эффективное и сравнительно недорогое решение для некоторых устройств может быть предоставлено именно этой технологией, а некоторые компоненты никак по-другому и не могут быть выполнены — например, когда необходимо произвести радиационно стойкую СВЧ-плату в виде миниатюрного герметичного корпуса. Есть институты и предприятия, развернувшие производство LTCC-компонентов, но пока никому не удалось справиться с задачей создания серийно выпускаемой системы материалов для низкотемпературной керамики — проблема оказалась из разряда крайне непростых. В связи с этим представляет интерес информация о постановке дела в компаниях, имеющих большой опыт в этой сфере. Здесь мы рассмотрим подходы к контролю LTCC-материалов, реализованные в американской компании Ferro — одном из мировых лидеров в производстве материалов для низкотемпературной керамики.



1 Пример многослойной LTCC-структуры со встроенными пассивными элементами

Производитель — компания Ferro

Компания Ferro основана в начале прошлого века. Ее специализацией с самого начала было производство изделий из стекла, в котором она накопила большой и во многом уникальный опыт. На рубеже 70–80-х годов прошлого столетия компания решила применить этот опыт в других, более современных и сложных областях, и приступила к исследованиям в области LTCC. Результатом исследований на данный момент стали две серийно выпускаемые системы материалов — A6 и L8.

Основное преимущество LTCC известно — технология позволяет использовать для формирования проводящих дорожек не тугоплавкие металлы (вольфрам, молибден и производные на их основе), которые требуются для высокотемпературной совместно спекаемой керамики — HTCC, а стандартно применяемые в электронной промышленности материалы, такие как золото, серебро, медь и пасты на их основе. При этом свойства получаемых проводников близки к свойствам чистых металлов, что также недостижимо в технологии HTCC. Кроме того, технология LTCC позволяет формировать внутри многослойных плат/корпусов пассивные элементы схемы — резисторы, конденсаторы и индуктивности рис. 1, что дает возможность продвинуться даль-

ше на пути миниатюризации электронных устройств. В ряде случаев размещение пассивных компонентов в объеме платы сокращает ее площадь до 50 %.

Каждая из систем технологии LTCC представляет собой набор совместимых материалов: керамики для изготовления корпусов и подложек и паст — проводящих, резистивных и диэлектрических. Ferro A6 — более ранняя и более сложная система, ориентированная на применение в сверхвысокочастотных устройствах. Рабочие частоты изделий, построенных на керамике системы A6, могут достигать значения 110 ГГц, отсюда и основные области их применения: космическая, авиационная и спецтехника. Система A6 до сих пор является одной из лучших на рынке; по частотным же характеристикам, как полагают представители Ferro, она превосходит все, что предлагается сейчас конкурирующими фирмами. По их мнению, система A6 — основной продукт, позволяющий компании уверенно удерживать позиции на рынке LTCC. Впрочем, здесь нужно отметить, что компания DuPont для своей системы GreenTape 9K7 заявила рабочую частоту 100 ГГц и выше. Система Ferro L8 позволяет производить устройства для работы на частотах до 40 ГГц.

Ferro — одна из немногих компаний, готовых поставлять клиентам керамику в «сыром» виде. За исключением DuPont и Heraeus, также предлагающих ЛТСС в листах и лентах, остальные производители предпочитают продавать лишь конечные изделия из керамики.

Своим преимуществом компания Ferro считает, прежде всего, многолетний опыт и знания в части производства порошков различных материалов: все порошки стекол, драгоценных и иных металлов для керамики и паст компания производит сама. Более того — их состав и тонкости технологии изготовления являются одним из основных секретов Ferro.

Еще одно преимущество — обширный набор вариантов металлизации: внутренней, под переходные отверстия, внешней, под пайку, под микросварку. Задача по созданию системы таких паст не тривиальна, как может показаться на первый взгляд. В ее основе лежит проблема совместимости керамики и множества паст различного назначения и свойств, которая зачастую становится камнем преткновения для производителей, пытающихся разработать собственную систему материалов ЛТСС. Предложения Ferro закрывают почти 100 % возможных потребностей производителей ЛТСС-устройств.

Немаловажно и то, что компания, представленная в 26 странах мира и имеющая огромный опыт во всех аспектах производства низкотемпературной керамики, способна оказывать заказчику всеобъемлющую помощь в отладке технологических процессов производства ЛТСС.

На конечное качество, повторяемость параметров изделий ЛТСС влияет множество факторов процесса их производства, которое можно условно разделить на три больших этапа: изготовление материалов; производство собственно ЛТСС-изделий — корпусов, подложек и т. д.; сборка ЛТСС-модулей. Предметом данной статьи является первый этап — производство материалов. Рассматривать его будем с точки зрения выходного контроля, который осуществляет Ferro до поставки материалов своим заказчикам. Значительная часть контрольных процедур должна быть включена в технологический процесс изготовителя конечной ЛТСС-продукции, потому что без них невозможно гарантировать, что качественный материал, приобретенный у проверенного производителя, на выходе превратится в правильно функционирующее и надежное ЛТСС-изделие.

Контроль керамики

ЛТСС-материал создается из смеси порошков керамики/стекол и органических добавок, в состав которых входят связки, диспергаторы, пластификаторы, растворители и прочее. Как уже было сказано, состав стекла, особенно для системы А6, держится в секрете, и повторить его пока никому не удалось.

Процесс производства керамики контролируется, начиная с качества исходного сырья и свойств произведенных из него порошков. Порошки в строгой последовательности смешиваются с органическими добавками, получается суспензия, параметры которой подвергаются контролю — вязкость, процент содержания твердых частиц и их размер.

Суспензия отливается в ленты. Подробности процесса отливки Ferro также не раскрывает, поскольку они существенно влияют на свойства продукта. Еще при литье керамики проводится первичная разбраковка лент по толщине; стандартный допуск, принятый на Ferro, составляет $\pm 8\%$. Отлитые ленты сматываются в рулоны, далее выполняется резка на карты, и после этого наступает время применения методик контроля параметров, необходимых производителю ЛТСС-изделий.

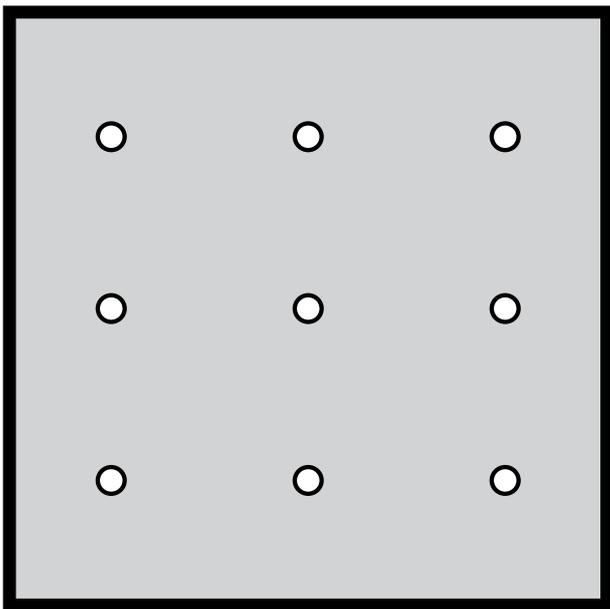
Ряд контрольных операций проводится на «зеленых» листах, причем необходимо подчеркнуть, что эти испытания проводятся для каждой партии керамики. Если хотя бы один параметр выходит за границы допуска, вся партия возвращается на переработку.

У сырой керамики проверяются плотность в исходном состоянии (после отливки), прочность, а также плотность при ламинировании. Это очень важный параметр, который представляет собой интегральный показатель оценки всего предшествующего технологического процесса. Кроме того, плотность при ламинировании определяет многие свойства изделия на последующих этапах производства, то есть является едва ли не основной величиной, регулированием которой достигается необходимое конечное качество продукта.

После того, как керамика прошла испытания в «зеленом» состоянии, из нее изготавливаются тестовые купоны для различных типов испытаний. Купоны обжигаются в печи, в качестве которой Ferro использует установку серии 8500 компании Sierratherm концерна Schmid **рис 1**. По мнению специалистов Ferro, это луч-



2 Печь компании Sierratherm концерна Schmid



3 Форма тестового купона для проверки усадки – квадратная многослойная плата 43 × 43 мм со сквозными отверстиями (слева) и измерительный микроскоп, на котором контролируется усадка (справа)

шая печь для работы с ЛТСС, обеспечивающая высокий уровень повторяемости результатов. Печь позволяет в едином цикле выжигать органику и проводить спекание, а также гибко настраивать и, главное, выдерживать температурный профиль спекания, который предоставляется компанией Ferro по желанию заказчика. Кстати, компания DuPont также использует данную печь для аналогичных задач.

Важнейшим параметром обожженной керамики, определяющим многие ее свойства, является усадка. Допуск на величину усадки для керамики Ferro составляет для однослойной карты всего 0,3 %, что является очень хорошим значением для ЛТСС. Тестовый купон для проверки усадки представляет собой многослойную плату квадратной формы со сквозными отверстиями рис 3, слева. Величина усадки проверяется на измерительном микроскопе рис 3, справа.

Другой важный параметр, контролируемый для каждой партии керамики, — плотность после обжига. Она проверяется расчетным путем после определения линейных размеров купона и его взвешивания до и после спекания. Плотность должна быть не меньше минимального значения, указанного в документации Ferro, иначе у будущего изделия может появиться ряд проблем, главная из которых — повышенная пористость, приводящая к снижению герметичности и конструктивной прочности.

После механических тестов наступает черед электрических испытаний. Для них изготавливаются купоны, представляющие собой, фактически, плоский конденсатор: многослойная плата с металлизированными полигонами и диэлектриком (керамикой) между ними. На таких купонах проверяются диэлектрическая прони-

цаемость, потери, сопротивление изоляции и напряжение пробоя.

Еще один критичный параметр — электролитический ток утечки. Он проверяется по методике, использующей электрические приборы, но характеризует одно из механических свойств керамики. Для этого теста изготавливается специальный купон — многослойная плата, верхний металлизированный слой которой закрыт одним слоем керамики таким образом, что на поверхности остается одна контактная площадка рис 4, снизу. На испытательной установке купон в качестве



4 Купоны для электрических испытаний керамики. Размер образца 43 × 43 мм

FERRO ELECTRONIC MATERIAL SYSTEMS
1395 Aspen Way
Vista, California 92083
760 305 1000 Tel
760 305 1100 Fax

FERRO
ELECTRONIC MATERIAL SYSTEMS

CERTIFICATE OF ANALYSIS
LTCC Tape

PRODUCT:	A6-M-5-B-5
LOT #:	T081311
CUSTOMER:	Westlink B.V.
CUSTOMER PART #:	Lamination/shrinkage curve attached
PURCHASE ORDER #:	PER1104

DATE ISSUED:	10/31/11
PRODUCT QUANTITY:	169 ea
FERRO ORDER #:	1426864
EXPIRATION DATE:	April-12
CUST DRAWING #:	Exp.date:4/2012

ITEM	TEST METHOD	SPECIFICATION RANGE		UNITS	RESULTS
		Min	Max		
LAM2FIRE Z Shrink	WKI-TL-012	23	29	%	19.9
GRN2FIRE Z Shrink	WKI-TL-015	2.45	0.1	%	25.8
Fired Density	WKI-TL-018	5.8	6.2	g/cc	2.51
Dissipation Factor	WKI-TL-019	1.0E+11		%	0.03
Dielectric Constant	WKI-TL-016	0.75		Ohms	6.1
Insulation Resistance	WKI-TL-020			Kilovolts/mil	4.1E+12
Breakdown Voltage				g/cc	1.974
Laminate Density			1	mil	1.75
Fired Z Thickness	WKI-TL-017			m/CM2	3.72
LEAKAGE CURRENT				mil	0.01
GRN2Laminate Compress				%	13.0
Green Z Thickness				mil	5.06

SIGNATURE:	
NAME:	David Taylor
TITLE:	O.C. Technician
DATE:	10/31/11

Certs Check By:

We cannot anticipate all conditions under which this information and our products, or the products of other manufacturers in combination with our products, may be used. We accept no responsibility for results obtained by the application of this information or the safety and suitability of our products either alone or in combination with other products. Users are advised to make their own tests to determine the safety and suitability of each such product or product combination for their own purposes. Ferro Electronic Material Systems's liability is limited to the replacement value of the product(s) above.

5 Сертификат с результатами испытаний партии керамики

электрода, изолированного слоем керамики, помещается в ванну с раствором хлористого натрия, туда же погружается второй электрод, технологический. К цепи прикладывается калиброванное напряжение, и замеряется ток, который будет пропорционален количеству ионов, проникающих сквозь структуру керамики. Величина этого тока показывает, насколько керамика герметична и устойчива к проникновению активных ионов; этот параметр должен быть нулевым.

С каждой партией керамического материала компания Ferro выдает сертификат с результатами проведенных испытаний рис 5. В сертификате указываются все измеренные значения/диапазоны основных параметров керамики, описанных выше.

Особое внимание следует обращать на график рис 6, показывающий зависимость усадки от плотности при ламинировании. Этот график в условиях массового производства позволяет контролировать усадку в рамках очень жестких допусков. Специалисты Ferro рекомендуют производителям строить такие графики для

своей технологической линии, так как конкретное оборудование имеет свои особенности, и графики получаются не совсем одинаковыми. Кроме того, имеет значение форм-фактор. Ferro проводит свои испытания на образцах квадратной формы, получая равную усадку по осям X и Y. Прямоугольные же платы, особенно с выраженной разницей длины и ширины, показывают разную усадку вдоль этих направлений. Поэтому для получения гарантированного результата следует изготовить тестовые образцы платы своего изделия и построить график по результатам их испытаний. Такой подход гарантирует впоследствии знание усадки на серийных изделиях с точностью до 0,5 %. Также разработчик и изготовитель не должен забывать о влиянии на геометрические размеры изделия насыщенности металлизационного пространства в его объеме, что оговорено соответствующими руководствами и правилами проектирования.

Следует подчеркнуть, что особое значение обсуждаемого графика обусловлено тем, что плотность при ламинировании — это, как правило, единственный параметр, которым может пользоваться технолог для регулирования характеристик керамики после того, как линия настроена на массовое производство.



6 График зависимости усадки от плотности при ламинировании для данной партии керамики [2]. PSI – фунт на кв. дюйм. 1 psi = 6894,75 Па = 0,068 ат



7
Тестовый купон для выходного контроля пасты.
Размер образца 43 × 43 мм

Контроль паст

Свойства порошка, составляющего основу паст Ferro, компания тоже держит в секрете, так же как и технологию их производства. Информация же о методиках и объеме их контроля находится в широком доступе, так как она необходима производителям LTCC-продукции. Как и керамика, параметры пасты контролируются в жидком виде и после обжига совместно с подложкой.

До обжига проверяются реологические свойства пасты — вязкость и тиксотропность (способность субстанции уменьшать вязкость (разжижаться) от механического воздействия и увеличивать вязкость (сгущаться) в состоянии покоя), для этого используют ротационный вискозиметр. Удельное содержание твердых частиц контролируют, обжигая пасту, чтобы все остальные ее составляющие сгорели либо испарились; простое взвешивание остатка показывает содержание твердых частиц с достаточной точностью. Существуют и более сложные методики, требующие дорогого оборудования и высокой квалификации специалистов, но их возможности избыточны для изготовителей LTCC-компонентов.

В обязательном порядке контролируется размер частиц, так как без этого невозможно достичь ни высокого качества, ни надежной повторяемости нанесенной топологии. Размер частиц определяется с помощью гриндометра. Наконец, для каждой партии пасты производитель проверяет качество печати. Для этого используется специальный трафарет с эталонным топологическим рисунком. Помимо визуального контроля

геометрии рисунка в плане, лазерным профилометром измеряется его высота до и после спекания.

Первое, что испытывается после обжига, проводимого в той же печи Sierratherm, — электрические характеристики. Для всех типов паст контролируется электрическое сопротивление (в том числе после повторного обжига). Для резистивных паст проверяется также температурный коэффициент сопротивления.

На пятислойном образце, имеющем кроме верхнего слоя с эталонным рисунком металлизации еще два металлизированных внутренних слоя рис 7, проверяется совместимость пасты с керамикой. Метод проверки — измерение изгиба платы. Если паста и керамика имеют недопустимую разницу по усадке, то изгиб платы выйдет за пределы допустимого значения. Причины этого могут крыться не только в потере качества материалов (например, при хранении), но и в неправильной настройке процесса обжига, а также в несоблюдении норм и правил размещения в объеме изделия металлизированных элементов конструкции.

Для сборки модулей из низкотемпературной керамики компания Ferro предлагает широкий спектр паст, формирующих контактные поверхности. Существуют пасты для пайки сплавом Sn62, это аналог российского ПОС-61, но с добавлением серебра; есть пасты для пайки сплавами золото-олово, золото-германий, пасты для использования с бессвинцовым припоем SAK205. Имеются специализированные пасты для микросварки, а для приклеивания пригодны все виды паст. В системе А6 предлагается паста, которая позволяет с высоким качеством покрывать контактные площадки химически осажденным никелем и золотом.

Компания Ferro проверяет пригодность своих паст для любого вида электрического монтажа, а также на прочность соединения пасты с керамикой после обжига (адгезии). Для проверки адгезии к контактным площадкам приваривается проволока, и затем на разрывной машине измеряется усилие, потребовавшееся для отрыва контактной площадки от подложки. Свариваемость контролируется сходным образом.

Паяемость контролируется на тех же образцах, которые применялись в ранее описанных испытаниях. В тестах используются припои, широко применяемые как в свинцовых, так и в бессвинцовых технологиях — в зависимости от типа тестируемой пасты. Процедура контроля довольно проста: образец обрабатывают флюсом, погружают в ванну с расплавленным припоем и после выдержки длительностью в несколько секунд визуально определяют, насколько полно металлизированные участки смочены припоем.

При успешном прохождении тестов на каждую партию выписывается сертификат соответствия, в котором указаны результаты контроля основных параметров. В противном случае вся партия пасты бракуется и возвращается на переработку или доработку.

Заключение: рекомендации производителям LTCC-модулей

Начиная с первых стадий организации производства, специалисты компании Ferro обращают внимание на обязательное соблюдение условий и сроков хранения как лент и листов керамики, так и паст (стандартный срок хранения — 1 год). Выход температуры и/или влажности за пределы, установленные производителем, влечет за собой высыхание материалов или наоборот, набор ими избыточной влаги, что в конечном счете приводит к снижению повторяемости результатов или даже к потере возможности достижения каких-либо результатов вообще.

Плотность керамики после ламинирования. Уход этого параметра в любую сторону от заданного значения является очень четким индикатором наличия проблем в одном или нескольких звеньях производственного процесса. Также это может происходить из-за неправильного хранения материалов и полуфабрикатов, полученных на промежуточных этапах. Технологи Ferro рассматривают плотность после ламинирования как ключевой параметр настройки технологии и рекомендуют контролировать его строго и непрерывно.

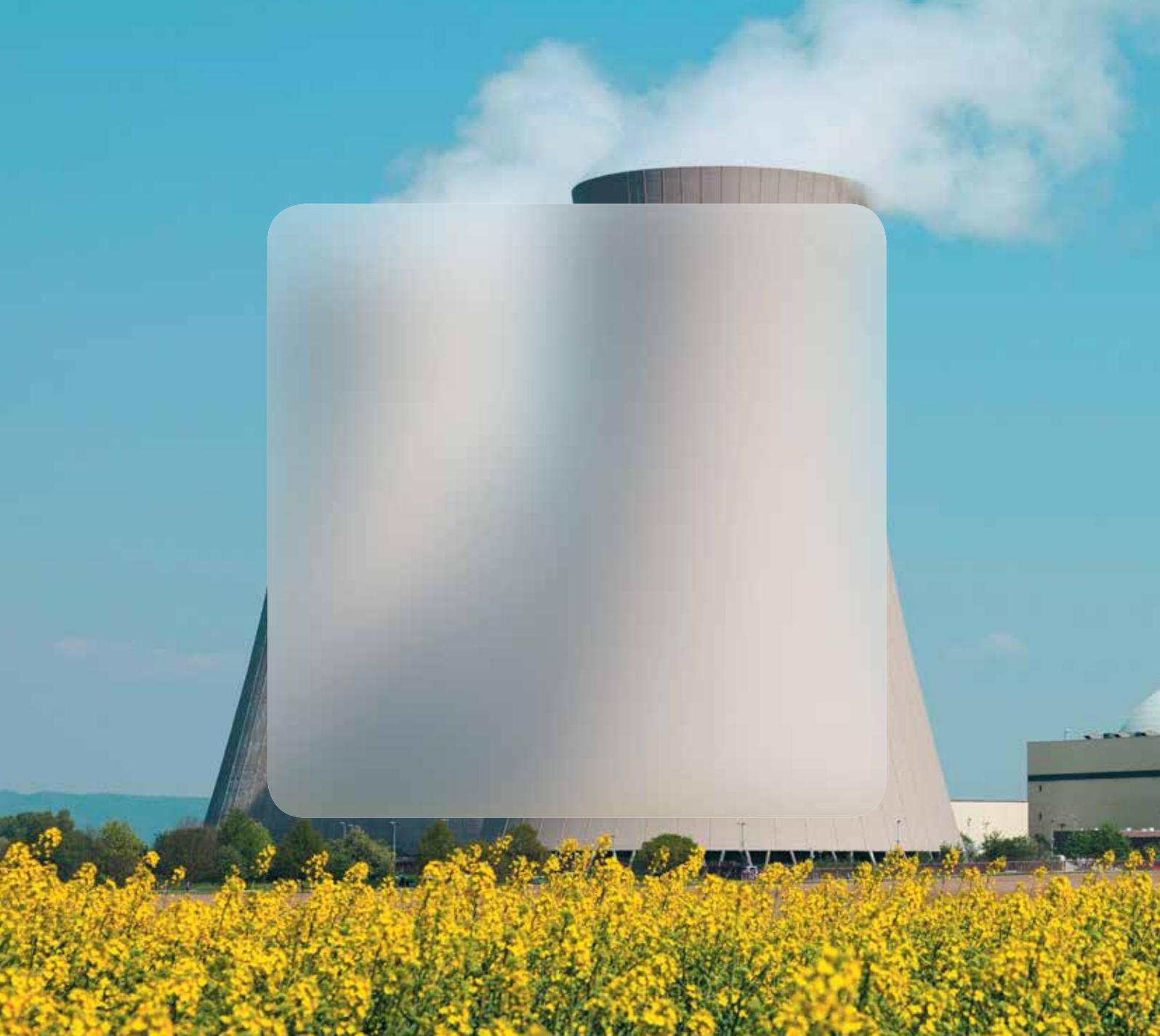
Стабильная и соответствующая норме усадка керамики после обжига. При непостоянной усадке будут «уходить» геометрические размеры изделия, но это не единственная неприятность, которую несет такой дефект. Отличие усадки от заданных значений говорит об изменении структуры материала, а структура определяет его свойства: как механические, так и электрические. Может ухудшиться герметичность керамики, снизиться сопротивление изоляции, напряжение пробоя, могут выйти за пределы допусков другие электрические параметры. Поэтому контроль усадки и плотности керамики — одна из основных позиций правильной организа-

ции производства LTCC. При этом следует помнить, что достичь стабильности усадки в принципе невозможно без качественной печи.

Что касается паст, то здесь важнейшим условием получения повторяемого результата является их одинаковая вязкость, соответствующая значениям, заданным производителем. Ferro советует контролировать вязкость паст и при необходимости возвращать их к установленным кондициям при помощи рекомендованных разбавителей. Впрочем, на стадии освоения производства данным параметром можно пренебречь, так как пасты после поставки и при соблюдении условий хранения пригодны для использования без дополнительного перемешивания. Данная рекомендация больше относится к предприятиям, имеющим многолетний опыт работы в LTCC.

В целом технология изготовления электронных элементов и устройств на низкотемпературной керамике — довольно сложный в настройке процесс. Многое здесь зависит не только от типа и качества основного оборудования, но и от оснастки, которая изготавливается силами производителя. По опыту предприятий, которые осваивали производство LTCC-изделий, можно говорить, что для создания одного образца изделия требуется несколько месяцев, а для выхода на массовое производство — от трех месяцев до года.

Завершая статью, хотелось бы сказать спасибо тем энтузиастам — разработчикам, технологам и, конечно, их руководителям, которые, несмотря ни на что, развивают новые технологии на наших предприятиях, в том числе и LTCC. Уже проделана большая работа, но предстоит решить еще много вопросов, чтобы доля выпуска российских высококачественных LTCC-изделий была ощутима на мировом уровне. ▣



Видеть сегодня энергетические объекты будущего невозможно, **но технологии производства электроники для них — необходимо**

Возможности приборов и автоматических устройств, что будут использоваться в энергетике завтра, зависят от технологий их производства, которые необходимо внедрять сегодня. У нас уже есть решения для такого развития, разработанные в сотрудничестве с мировыми поставщиками новейшего оборудования и технологий. Эти решения позволяют найти оптимальный путь к успеху производства электрических и электротехнических приборов.



будущее
создается

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



КАЧЕСТВО

Комплексное тестирование: современные методы

Текст: **Арсений Ликий**
Юрий Ерендеев
Иван Дергунов



Совершенствование современной элементной базы, технологий производства и изготовления электронных блоков и модулей позволяет создавать высокотехнологичные решения во всех сферах радиоэлектронной промышленности: от наручных часов до систем управления летательными аппаратами. Вместе с увеличением функциональных возможностей уменьшаются геометрические размеры компонентов, а значит и конечных продуктов. Параллельно с повышением эффективности, а в ряде случаев и универсальности изготавливаемой продукции (с точки зрения применения), встает необходимость проводить качественный электрический контроль печатных узлов.

Наиболее верное решение — проверка на отсутствие дефектов на каждом этапе производства, до того, как устройство собрано полностью. В противном случае будет намного сложнее локализовать и устранить возникший дефект, а также предупредить появление такого дефекта в будущем.

Тестирование печатных узлов можно разделить на следующие этапы:

- внутрисхемный контроль, реализуемый на базе системы электрического контроля с летающими пробниками SPEA:
 - тестирование печатной платы до монтажа компонентов;
 - проверка установленных компонентов на соответствие конструкторской документации;
 - контроль параметров электрических цепей;
 - проверка микросхем на целостность защитных диодов и контрафакт;
 - прошивка микросхем;
 - опционально — оптическая инспекция;
- периферийное сканирование цифровых узлов на базе контроллера JTAG:
 - тестирование межсоединений;
 - функциональный контроль памяти и логических элементов;
 - идентификация производителя компонента (проверка на контрафакт);
 - прошивка микросхем;
- функциональный контроль с использованием модульной измерительной системы стандарта PXI от компании National Instruments.

Казалось бы, зачем усложнять этап контроля выпускаемой продукции и внедрять в производство дополнительные системы тестирования, если можно обойтись обычным стендом для функционального контроля? И действительно, при производстве изделий невысокой стоимости и низком проценте брака этого может быть достаточно — неисправный модуль можно попросту утилизировать. Однако если на плату устанавливаются дорогостоящие компоненты или же процент брака по тем или иным причинам высок, требуется локализация и устранение дефектов, а на основе полученной статистики появляется возможность предупредить появление ранее выявленных дефектов в будущем. Так как же грамотно применить доступные современные средства тестирования и электрического контроля выпускаемой продукции?

Рассмотрим конкретный пример. Предприятие занимается изготовлением высокочастотных электронных модулей с цифровым управлением. Как можно организовать контроль выпускаемой продукции на всех этапах производства?

Первый этап — входной контроль печатных плат и компонентов. Большинство отказов связано именно с дефектами печатных плат. И если обрыв или короткое замыкание токоведущих дорожек можно выявить довольно легко, то некачественную металлизацию переходных отверстий весьма сложно. Данный дефект можно отнести к классу плавающих: при проведении испытаний изделия в камере низких температур устройство перестает корректно работать — пропадает контакт в переходном отверстии за счёт сжатия металла при отрицательных температурах, но при нормальных условиях устройство работает вновь. И хорошо, если процент таких дефектов невелик, если на плату не устанавливаются дорогостоящие прецизионные компоненты или микропроцессоры. А если устанавливаются? Неужели электронный модуль стоимостью пару тысяч долларов можно просто выбросить из-за невозможности локализации и устранения возникшего дефекта? Или тратить драгоценное время профессиональных инженеров? Конечно, в некоторых ситуациях с платы можно демонтировать самые дорогие компоненты и использовать их на другом изделии, но, к сожалению, это не всегда возможно. Кроме того, ряд дополнительных дефектов может возникнуть внутри этих компонентов в результате демонтажа. Именно поэтому так важно выполнять монтаж печатной платы только после того, как она прошла входной контроль.

Второй этап контроля — проверка смонтированных на плату компонентов на соответствие конструкторской документации: проверка номиналов и допусков пассивных компонентов, правильность установки полярных компонентов, проверка микросхем на целостность защитных диодов (и проверка на контрафакт), повторная проверка на отсутствие обрывов соединений и коротких замыканий после этапа монтажа. На этом этапе можно предупредить дефекты, возникающие после подачи питания на устройство из-за неверно установленных компонентов (например, сильно завышенное напряжение на логике 3.3 Вольта; нарушение полярности питания и др.).



1

Система электрического контроля SPEA 4060 с шестью летающими пробниками

Учитывая, что в качестве примера мы рассматриваем ВЧ-модуль с цифровым управлением, весьма интересными и важными являются параметры цепей. Система электрического контроля SPEA рис 1 позволяет проводить особый вид теста — NZT-тест, благодаря которому становится возможным произвести замер параметров цепей. Самый актуальный параметр, это, пожалуй, ёмкость токоведущих дорожек относительно экрана. Ведь если речь идёт о ВЧ- и СВЧ-диапазонах, важно иметь нормированное волновое сопротивление. Зная индуктивность проводников, которая закладывается разработчиками на этапе проектирования и разводки печатной платы, а также получив фактическое значение ёмкости, можно рассчитать довольно точно волновое сопротивление. Более того, задав жёсткое ограничение диапазона ёмкости по тем или иным цепям, можно проводить отбраковку плат по данному параметру.

На третьем этапе выполняется периферийное сканирование с использованием технологии JTAG (протокол IEEE 1149.1). Именно периферийное сканирование позволяет убедиться в исправности работы цифровых компонентов, функционально проверить работу микросхем памяти и логических элементов, провести тест идентификации (проверить ID-код компонента) и, что самое главное, провести тест межсоединений. В принципе, некоторые возможности системы электрического контроля SPEA и станции периферийного сканирования JTAG рис 2 перекликаются: тест межсоединений и про-

верка на целостность токоведущих дорожек, а также на отсутствие КЗ практически взаимозаменяемы, кроме одного случая — тестирования BGA-компонентов. Из-за своих конструктивных особенностей контакты BGA-микросхем «скрыты» от глаз. Безусловно, если разработчик устройства спроектировал его таким образом, что каждая цепь, подходящая к выводу BGA-компонента, выходит на верхний (или нижний) слой печатной платы, то можно протестировать её при помощи SPEA. В противном случае — только через JTAG. Конечно, такой дефект, как непропайка шарика BGA-компонента, можно локализовать при помощи рентгена, однако для работы с рентгеном требуется высокая квалификация инженера. Да и стоимость станции периферийного сканирования как минимум в три раза ниже стоимости самой простой рентгеновской установки.

Используя контроллер JTAG, можно программировать микросхемы, проверять NAND-память на наличие сбойных секторов («банок»), контролировать доступность и управляемость тех или иных цепей. Весьма актуально использование JTAG-станции для разработчиков цифровых узлов. После сборки опытных образцов разработчик может проверить работу всех функциональных узлов в определённых ситуациях, которые могут возникнуть в процессе эксплуатации. Например, принудительно выставить определённый логический уровень на каком-либо выводе компонента (конечно, если цепь, к которой подключён данный вывод, является управле-



2 Станция периферийного сканирования JTAG JT5705/USB

мой, например, вывод ЦПУ) и проанализировать отклик всей схемы на искусственно созданную нестандартную ситуацию. При помощи тестирования с использованием станции периферийного сканирования JTAG также может выявиться дефект разварки кристалла, который даст о себе знать только после монтажа компонента на печатную плату под действием температуры во время монтажа.

Четвёртый этап включает в себя функциональный контроль готового изделия, снятие требуемых параметров и исследование характеристик. На данном этапе



3 Модульная измерительная система National Instruments

весьма успешно применяется модульная измерительная система стандарта PXI от компании National Instruments рис 3. Благодаря модульной системе можно конфигурировать комплекс измерительных приборов в соответствии с нуждами производства. Стоит отметить, что у компании JTAG Technologies есть модули периферийного сканирования стандарта PXI, которые можно интегрировать в измерительный комплекс National Instruments.

Таким образом, комплексное тестирование цифровых, аналоговых и цифро-аналоговых изделий можно проводить на одном универсальном рабочем месте, что является отличной альтернативой устаревшим как морально, так и физически функциональным адаптерным стендам с не конфигурируемыми параметрами, которые всё ещё находят применение на предприятиях спецтехники.

НОВЫЙ ВЗГЛЯД на контроль тел вращения



Текст: **Степан Жиделев**



Металлообрабатывающие предприятия сталкиваются с рядом задач, требующих современных и эффективных технологических решений. Одной из таких важнейших задач является контроль качества готовых деталей. В условиях постоянно растущей конкуренции, в том числе и иностранной, а также в связи с открытием большого количества совместных с зарубежными компаниями производств, необходимо, чтобы выпускаемая продукция удовлетворяла европейским стандартам качества. Технологический прогресс требует оптимизации производственных процессов, сокращения брака, а, следовательно, и сокращения расходов на производство. При значительных объемах выпускаемой продукции задача уменьшения брака является одной из важнейших. В частности, с этой задачей сталкиваются машиностроительные предприятия, моторостроительные заводы, предприятия спецтехники и автопром.



1
Различные виды тел вращения

Огромный сегмент выпускаемых этими предприятиями деталей — это валы и различные тела вращения рис 1. Данные изделия представляют собой объекты сложной формы с обширным списком геометрических параметров, которые сложно измерить универсальными методами рис 2.

Измерения, проводимые для инспекции тел вращения, можно разделить на несколько групп.

Линейно-угловые: диаметр, длина, углы, радиус, расстояния и углы между точками и прямыми линиями, средний диаметр сферы.

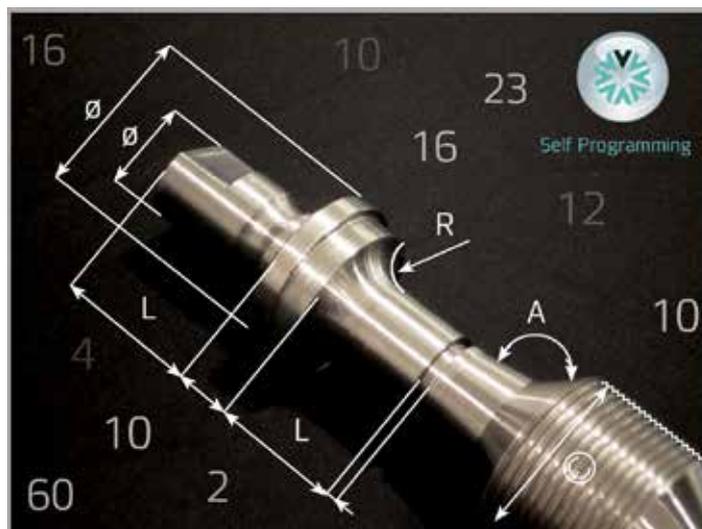
Геометрические: симметричность, параллельность, перпендикулярность.

Резьба: номинальный, внутренний, средний диаметры, угол, шаг, число витков.

Форма: диаметр вращения, круглость, соосность, биение, цилиндричность, углы.

Шестерни: ключи, асимметрия, углы между поверхностями.

Измерения можно выполнять различными способами и инструментами. В целом, можно выделить три методики, применяемые для контроля валов и тел вращения:

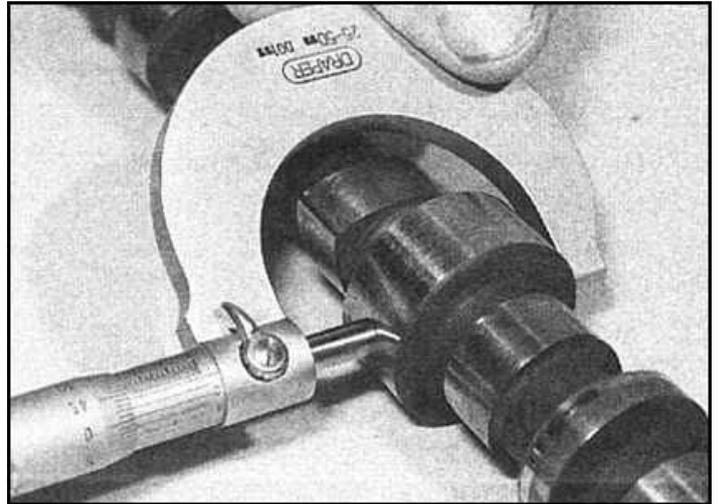


2
Геометрические параметры вала

- «Вручную».
- С помощью измерительных машин (контактный метод).
- С помощью оптических систем контроля.

Измерение «Вручную»

Контроль выполняется с помощью универсальных средств измерения — микрометр **рис 3**, штангенциркуль, угломер, калибры. Данный метод самый малозатратный в применении, но вместе с тем и самый примитивный. Для проведения различных измерений требуется несколько инструментов, при этом невозможно выполнить контроль профиля детали, резьбы и шестерни. Замер геометрических параметров и компоновка всех значений в отчет занимает значительное время (в среднем 1,5-2 часа). Погрешность измерений в данном случае напрямую зависит от человеческого фактора. Достаточно проблематично измерять детали сложной формы в труднодоступных местах, а также крупногабаритные детали. Инструменты требуют регулярной поверки, при этом подвержены быстрому износу. В итоге при относительно дешевой цене средства измерения осуществлять контроль всей партии деталей данным методом — невозможно. Кроме того, измерения самой детали проводятся всего по нескольким параметрам, что неминуемо ведет к большому проценту брака. Данный метод — наглядный пример старой поговорки: «Экономить сейчас — платишь потом».



3 Измерение распределительного вала микрометром

Измерение с помощью измерительных машин (контактный метод)

Контактный метод осуществляется с помощью длинномеров, высотометров, кругломеров **рис 4** и координатно-измерительных машин (КИМ). Это достаточно широко распространенная технология среди производственных предприятий. Она позволяет автоматизировать измерительный процесс, а также выполнять контроль профиля детали. Но измерения должны проводиться в лабораторных условиях, и к чистоте поверхности измеряемого объекта предъявляются высокие требования. Зависимость измерений от внешних условий влечет за собой дополнительные расходы на создание лаборатории. Как правило, лаборатория находится в удалении от производственной зоны, что затрудняет проверку всех деталей из партии. Вместе с тем, скорость измерения объекта сложной геометрической формы занимает от 15 до 30 минут, поэтому инспекция проводится выборочно. Как и в случае с универсальными средствами контроля требуется несколько различных установок для проведения всего спектра измерений. В частности, при помощи кругломера невозможно получить линейно-угловые измерения (диаметр, длина и т. п.), а также измерить резьбу или шестерню. Данные машины предназначены только для контроля профиля детали (круглость, соосность, биение и т.д.). Для линейно-угловых измерений используют длинномеры, высотометры, КИМ и универсальные средства измере-



4 Измерение распределительного вала на кругломере

ния, на которых, в свою очередь, невозможно контролировать профиль тела вращения. А для составления полного отчета требуется компоновка ряда измерений, проведенных на различных машинах, что само по себе неудобно и занимает дополнительное время. Такие ограничения требуют наличия большого парка дорогостоящего оборудования. Этот метод минимизирует человеческий фактор, позволяет проводить больше измерений, чем на универсальных средствах, но является очень громоздким и самым дорогостоящим решением. Поэтому не все предприятия могут позволить себе данную методику контроля.

Измерение с помощью оптических систем контроля

Наряду с описанными технологиями, которые на протяжении многих лет применяются в сфере контроля качества, недавно появился новый прогрессивный метод бесконтактного измерения тел вращения — оптический. Данная технология уже успела завоевать европейский рынок и вызывает большой интерес у российского производителя. Одним из «пионеров» в области разработки и внедрения оптических измерительных систем является итальянская компания ViciVision, которая имеет более чем 30-летний опыт работы в области промышленной автоматизации. На сегодняшний день ViciVision является одним из лидеров в области оптического измерения геометрии тел вращений и мелких деталей. Системы ViciVision рис 5 — это цеховое измерительное оборудование, внесенное в Госреестр средств измерения.

Технология проста, но при этом универсальна и эффективна.

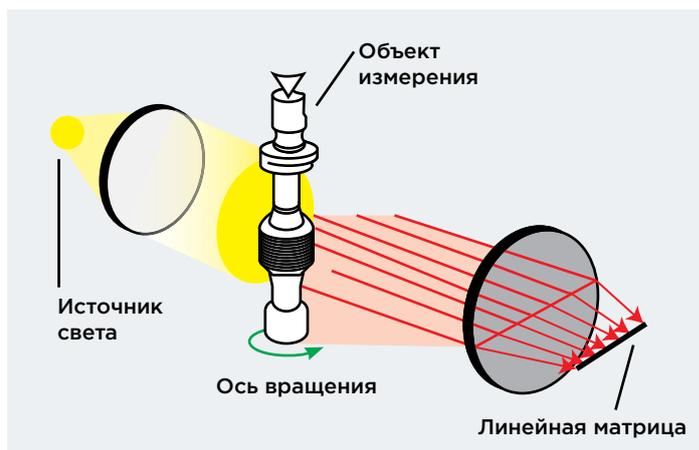
Объект измерения устанавливается в вертикальном положении и закрепляется в зоне измерения при помощи верхней и нижней бабки, как на металлорежущем станке. При необходимости объект можно поворачивать вокруг своей оси с помощью шагового двигателя. Оптический измерительный блок, состоящий из осветителя и детектора, передвигаясь параллельно оси измеряемого объекта, считывает геометрические параметры по образовавшейся тени рис 6. Данные обрабатываются компьютером, и затем автоматически формируется единый отчет о проведенных измерениях. Для удобства оператора на экране отображается таблица результатов измерений со значениями диапазона допусков. Зеленым подсвечиваются значения в поле допуска, красным — выходящие за его предел рис 7, рис 8.

Отчет позволяет быстро выявить, где именно и какой геометрический параметр детали не соответствует заявленным допускам. После чего деталь либо передается на дополнительную обработку, либо бракуется.

Простота применения — это одно из преимуществ оптического метода. Наряду с этим, системы ViciVision



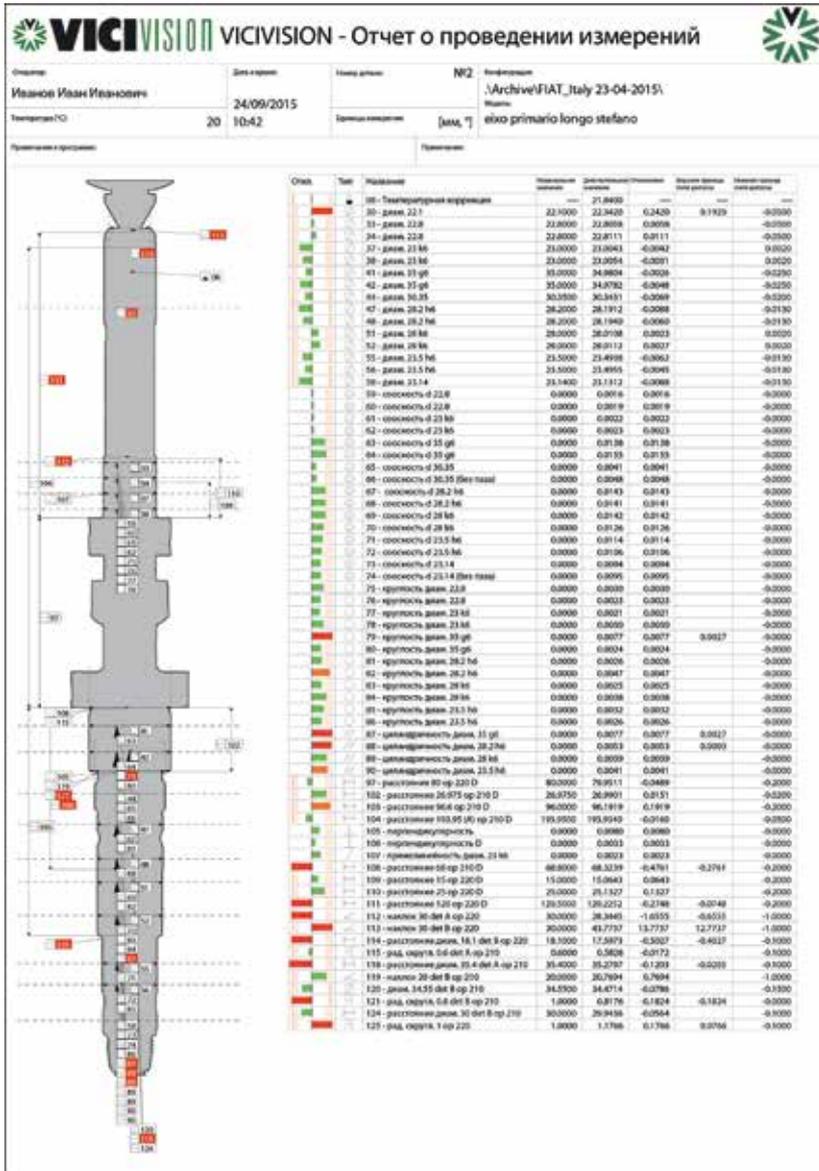
5 Автоматическая измерительная система тел вращения ViciVision



6 Бесконтактное измерение



7 Теневая проекция и таблица результатов измерений (деталь в пределах допуска)



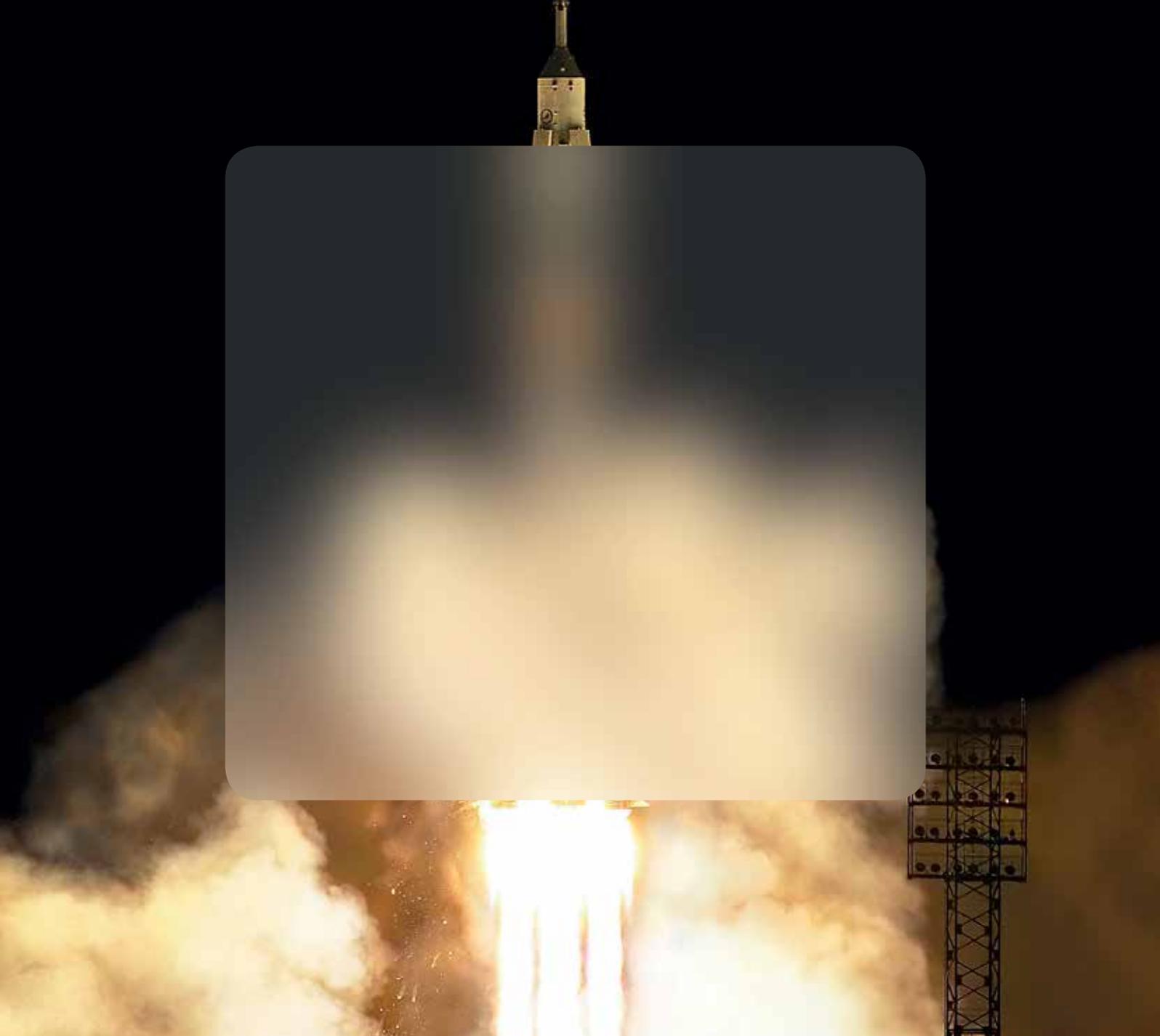
ратор может отслеживать отклонения определенного размера на однотипных деталях, что позволяет своевременно скорректировать работу обрабатывающего станка либо вовремя заменить износившийся режущий инструмент. Для каждого уже измеренного объекта полученная модель (теневая проекция) целиком записывается в файл. При необходимости можно загрузить в программное обеспечение модель конкретной детали из конкретной партии и выполнить ранее не проводимые измерения в виртуальном режиме. В случае рекламации от потребителя на уже выпущенную продукцию, данная функция позволит быстро выявить не только причину проблемы, но и поможет избежать ее в дальнейшем.

Благодаря своим преимуществам оптический метод контроля валов и тел вращения постепенно завоевывает популярность на рынке металлообрабатывающих предприятий.

8
Пример отчета об измерениях

не требуют создания лабораторных условий, их можно применять в цеху, в непосредственной близости с обрабатывающим оборудованием. Скорость инспекции одной детали составляет менее 60 секунд. Все это позволяет выполнять не выборочный, а 100 % контроль всей партии, с точностью измерений от 2 мкм. На одной установке могут проводиться как линейно-угловые измерения, измерения резьбы и шестерни, геометрические измерения, так и контроль профиля, что избавляет от необходимости иметь большой парк оборудования, а также существенно ускоряет и упрощает процесс контроля. Влияние человеческого фактора минимально, так как оператору нужно только закрепить деталь, а операции по измерению установка осуществляет сама в автоматическом режиме. Простой и понятный интерфейс позволяет оператору работать в трех режимах: автоматическом, пошаговом и ручном. Он может самостоятельно выбирать спектр контролируемых параметров и вносить корректировки в онлайн режиме. Также опе-

Постоянно совершенствующиеся системы измерения призваны автоматизировать процесс контроля качества, сделать его независимым от внешних условий, быстрым, удобным и эффективным. Технология оптического контроля тел вращения ViciVision объединяет в себе все эти требования, что позволяет существенно сократить брак и расходы на производство, выводя качество готовой продукции на новый уровень.



Видеть сегодня авиакосмическую технику будущего невозможно, **но технологии производства электроники для нее — необходимо**

Новые характеристики, которыми будут обладать электронные компоненты бортового оборудования летательных аппаратов завтра, зависят от технологий их производства, что необходимо внедрять сегодня. У нас уже есть решения для такого развития, разработанные в сотрудничестве с мировыми поставщиками новейшего оборудования и технологий. Эти решения позволяют найти оптимальный путь к успеху производства электроники в авиационной и космической промышленности.



будущее
создается

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



ОПТИМИЗАЦИЯ

Возможности сервиса.

Программа

«Повышение эффективности сборочных линий».

Часть 2

Цифровая модель производства



Текст: Александр Куликов

”

В предыдущей статье («Вектор высоких технологий» № 6 (19) октябрь 2015) мы рассмотрели проблемы, с которыми сталкиваются владельцы и сотрудники производств электроники, а также обозначили потребность в новом методе оказания услуг сервисного обслуживания для своевременного ответа на вызовы завтрашнего дня. В настоящей статье мы подробнее рассмотрим решение, которое предлагает ООО «Остек-СМТ» именно в области комплексного сервиса — программу «Повышение эффективности производств», ее этапы и выгоды применения.

Сервисная программа называется «Повышение эффективности производства» и, разумеется, повышение эффективности является ее основной целью. Программа включает целый ряд услуг и видов обслуживания, как разовых, так и оказываемых в несколько этапов, и призвана помочь любому предприятию электроники повысить производственную эффективность. Программа является модульной, это значит, что в зависимости от целей и потребностей применяется комплекс только необходимых мер, заказчик может выбирать из набора услуг любые, нужные ему.

Методология программы

Методологию программы можно выразить словами: «измерить, чтобы понять; понять, чтобы управлять». Концептуальная схема проведения мероприятий показана на рис. 1.

1. Базовый элемент программы — измерение показателей работы производства. Необходимо, чтобы непрерывно проводился мониторинг, велась запись данных о работе оборудования и процессах. Этот элемент работает на основе программно-аппаратных средств, внедряемых на предприятии. По исследованиям консалтинговой компании McKinsey¹, до 99 % доступной производственной

информации теряется и не используется при принятии решений. Однако анализ этой информации может дать ключ к пониманию причин неэффективного использования оборудования и повышению производительности и экономичности производства.

2. Обследование производства. Аудит производства позволяет качественно дополнить собираемые цифровые данные, расширить понимание процессов, сделать отпечаток «как есть» с производства. Кроме того, в рамках этого этапа совместно с руководством предприятия окончательно выявляются цели сервисной программы и «узкие места», т. е. проблемные области, требующие приоритетной оптимизации.
3. Собираемые данные анализируются (часть из них — автоматически), и в результате анализа определяются необходимые мероприятия для повышения эффективности.
4. Внедрение разработанных мер также занимает определенное время, после чего очень важно продолжать мониторинг данных, чтоб понимать динамику и контролировать изменения показателей.
5. Повышение эффективности — это не скачкообразный процесс, важно, чтобы он протекал плавно, планомерно и управляемо. Кроме того, по данной программе возможно повышение эффективности производства за несколько циклов.



1 Концептуальная схема проведения методологических мероприятий

1 Hartmann B., Narayanan S. and King W.P. Digital manufacturing: The revolution will be virtualized [Электронный ресурс] // McKinsey.com: сервер исследовательской компании. 2015. URL: http://www.mckinsey.com/insights/operations/digital_manufacturing_the_revolution_will_be_virtualized (дата обращения: 22.10.2015)

Этапы программы

ЭТАП 1. СОЗДАНИЕ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ ПРОИЗВОДСТВА

Используя возможности программно-аппаратного комплекса собственной разработки Остек-СМТ «Синтиз» («Система интеллектуальных измерений») и локализованной системы мониторинга производственных процессов SMART-Мониторинг (о системе мы рассказывали в журналах «Вектор высоких технологий № 1(6) 2014, № 4(9) 2014 и № 8(13) 2014) можно оцифровать практически все процессы, связанные с производством. Описание систем выходит за рамки настоящей статьи, приведем лишь их характеристики и рассмотрим выгоды от их внедрения.

Программно-аппаратный учетный комплекс «Синтиз» — это уникальный продукт, контролирующий потребление энергии (не только электричества, но и при необходимости других ресурсов: сжатого воздуха, тепла и т. д.). Его основная особенность заключается в частоте и точности измерений — мониторинг энергопотребления 24/7 с частотой измерений до 1 Гц. Подобная частота дает возможность с невероятной точностью измерять режимы энергопотребления, на их основе создавать паттерны энергопотребления любого производственного оборудования. Это позволяет точно нормировать производство, понимать такт и ритм работы производственных линий, время переходов между операциями и т. д. Оборудование способно регистрировать малейшие потери и отклонения, а программное обеспечение — визуализировать циклограммы, на которых видны все режимы работы, включая холостой ход, брак, отсутствие оператора. Это, в свою очередь, поможет четко определить потери на непроизводительное время, а также усилить контроль энергопотребления.

Основные функции ПАК «Синтиз»:

- объективный аппаратный контроль эффективности производства 24/7;
- количественное измерение эффекта от технических мероприятий;
- борьба с нецелевым использованием ресурсов;
- нормирование выпуска изделий;
- профилактика отказов оборудования и брака из-за низкого качества электропитания;
- недопущение превышения установленной мощности;
- контроль технологической дисциплины.

На сборочно-монтажном производстве при использовании ПАК «Синтиз» можно повысить финансовые показатели за счет обозначенных на рис 2 результатов.

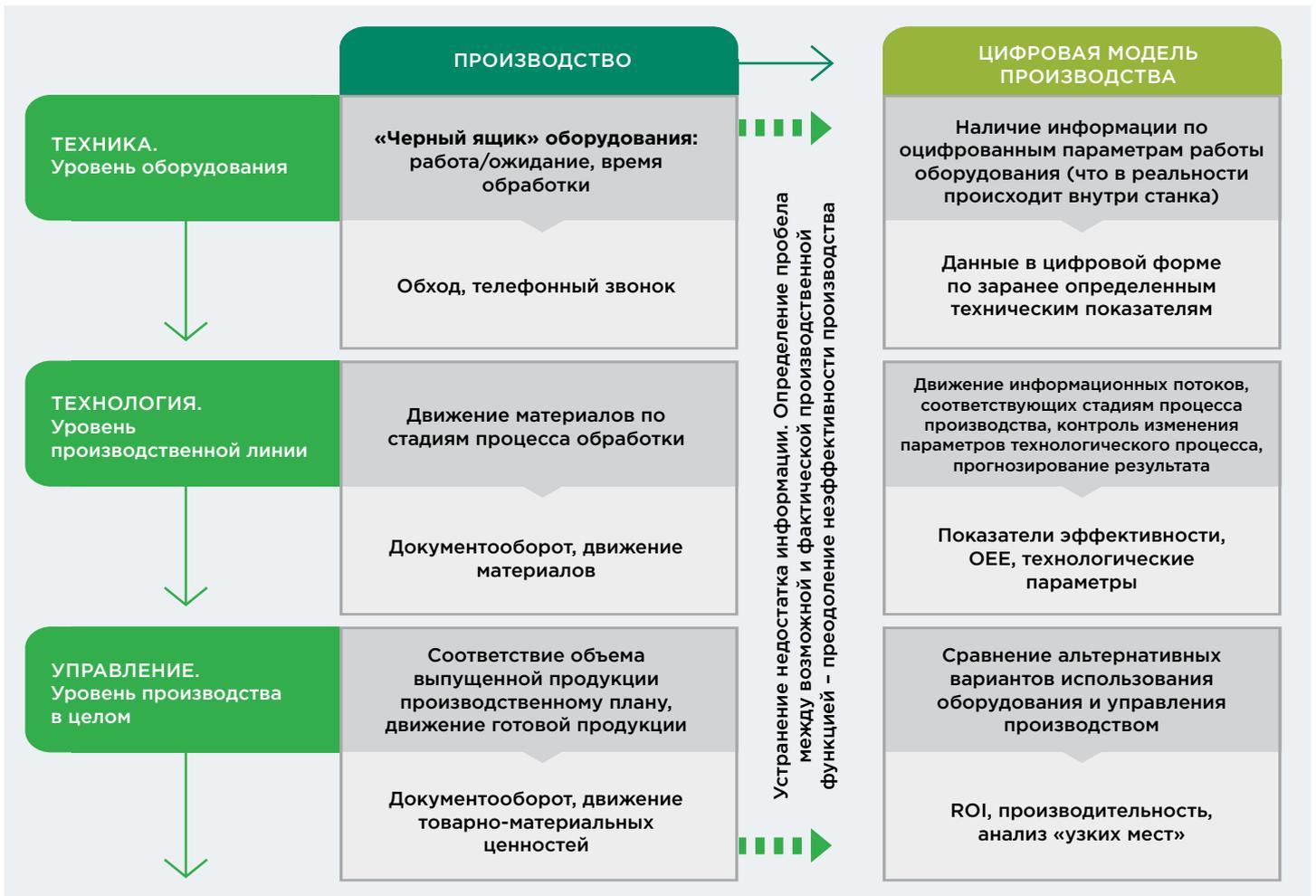
SMART-Мониторинг является составной частью MES-системы SMART от Остек-СМТ. Сегодня системы управления производственными процессами все чаще внедряются на предприятиях, они призваны упорядочить производственные процессы согласно выбранным и настраиваемым показателям эффективности.



2 Результаты применения ПАК «Синтиз» для повышения эффективности монтажно-сборочного участка на пять единиц оборудования

Функции SMART-Мониторинга:

- полная прослеживаемость работы линии: сбор данных в реальном времени и вывод их на консоль;
- настройка режимов работы линии и каждой единицы оборудования;
- настройка мультилинейных показателей эффективности производства;
- актуальная система представления информации о режимах работы линий;
- уменьшение количества брака за счет отработки ошибок и мониторинга отказов;
- выравнивание производственного цикла и анализ узких мест в производственных процессах;
- автоматическая корректировка производственного плана в случае непредвиденных ситуаций;
- оптимизация логистики, Just-in-Time;
- уменьшение складских запасов (оптимизация оборачиваемости склада).



3 Создание цифровой модели производства

Для решения задач программы повышения эффективности важно, что в отличие от «Синтиз» SMART выполняет мониторинг параметров работы оборудования через протоколы обмена данными и программные интерфейсы, получая доступ к характеристикам станков. Можно сказать, что «Синтиз» осуществляет измерение и контроль входных параметров электропитания, а SMART-Мониторинг — рабочих параметров и выходных значений. Один комплекс контролирует энергию и потребление, а другой — работу, замыкая, таким образом, цикл мониторинга. Резюмируя выгоды, получаемые от применения на производстве программно-аппаратных средств измерения, можно вывести следующий их перечень рис 3:

- оцифровка всех производственных процессов;
- создание цифровой модели производства;

- накопление статистики по каждой единице оборудования и производству в целом;
- анализ паттернов работы и выявление скрытых взаимосвязей между элементами производственного процесса, построение циклограмм²;
- выявление ключевых драйверов потерь (приоритетов программы);
- фиксация отклонений;
- прогнозирование длительности простоев.

Основной ценностью от внедрения измерительной мониторинговой системы является именно возможность создания цифровой модели производства, на основе которой можно внедрить цифровую структуру управления. Цифровая модель производства представляет собой

2 Исследования показывают, что ежедневный анализ данных, собираемых с оборудования, может увеличить производительность на 10-50 % — по данным исследовательской компании McKinsey. URL: Digital manufacturing: The revolution will be virtualized. http://www.mckinsey.com/insights/operations/digital_manufacturing_the_revolution_will_be_virtualized (дата обращения 10.10.2015); Taming manufacturing complexity with advanced analytics. URL: http://www.mckinsey.com/insights/operations/taming_manufacturing_complexity_with_advanced_analytics (дата обращения: 10.10.2015); Manufacturing's next act URL: http://www.mckinsey.com/insights/manufacturing/manufacturings_next_act (дата обращения: 10.10.2015)

инструмент, похожий на финансовую модель организации: она точно так же оцифровывает значения различных важных переменных и позволяет осуществлять управление по целям. Отличие модели производства от финансовой модели заключается в том, что она больше ориентирована на процессы и содержит много информации о производственных и вспомогательных операциях. В нынешнем состоянии модели производства зачастую представляют собой разрозненные данные об оборудовании, технологии производства, конструкции изделия, квалификации и методах работы персонала, способах организации производства. Цифровая модель позволяет скоординировать и увязать воедино всю эту информацию, обеспечивая тем самым большую слаженность протекания процессов. Наглядность модели наряду с аналитическими инструментами дает возможность тестировать гипотезы и наблюдать изменение параметров, в том числе и экономических, проверяя правильность решений. Информация об объектах обработки, операциях и состоянии оборудования движется параллельно с процессом производства или быстрее его, обеспечивая необходимую скорость принятия решений. Обеспечение ритмичного протекания процесса производства возможно благодаря выравниванию (сокращению) производственного цикла за счет сокращения складских запасов и ускорения оборачиваемости, прослеживаемости процесса и контроля технологической дисциплины. При этом более точно решаются задачи нормирования, оптимизации «узких мест».

Остек-СМТ разрабатывает целый ряд программно-аппаратных решений под общим названием «Цифровая фабрика», которое позволяет качественно дополнять цифровую модель производства новыми модулями данных и действительно «выстраивать» цифровую фабрику. Об этом мы расскажем в следующих номерах журнала.

Анализ и изменения в цифровой модели производства — суть цифровой структуры управления. Чтобы концептуально понять ее смысл, обратимся еще раз

к анализу всеобщей эффективности оборудования. По существу, повышение данного коэффициента происходит за счет последовательного анализа и сокращения всевозможных потерь. В экономике и управлении существует понятие транзакционных издержек. Максимально широко они трактуются как всевозможные потери (временные, денежные, репутационные, издержки судебные, издержки неявных контрактов и асимметрия информации), связанные с обеспечением осуществления различных операций. Классические транзакционные потери — время на переход между производственными операциями. Экономия на транзакционных издержках является причиной возникновения фирм как таковых, а также появления различных форм контрактов, посредничества и отраслевых иерархий.

Информационная структура управления позволяет получать информацию о производственных и иных процессах, а также распространять ее, анализировать, передавать почти без маргинальных издержек, обеспечивая кардинально новый подход к ведению производственной деятельности. Позволим себе пофантазировать и представим, что дальнейшее углубление анализа транзакционных издержек в какой-то области, в нашем случае — в производстве, ведет к сокращению производственных циклов, к появлению оптимальных форм организации, новых видов бизнеса, например, «облачное» производство (по аналогии с «облачным» хранением данных). Поэтому цифровая модель управления и концепция продуктов «Цифровая фабрика», на наш взгляд, лежат в области дальнейшего развития подтвержденных опытом экономических теорий, что оправдывает ее применение как концептуальной базы программы.

ЭТАП 2. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ АУДИТ

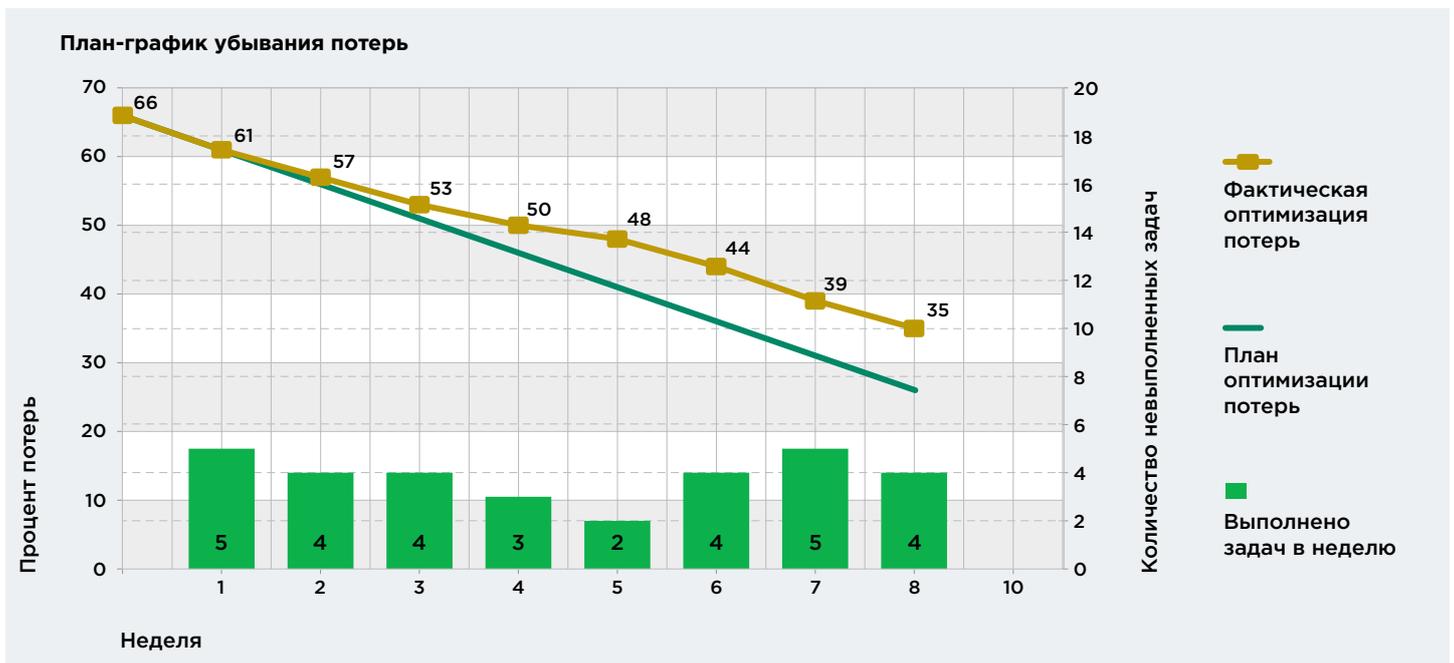
Обследования производства могут проводиться по следующим направлениям:

- техническое обследование оборудования и оснастки;



Потенциальный комплекс мер по повышению эффективности производства

Доступность	Производительность	Качество
<ul style="list-style-type: none"> • Планирование технического обслуживания • Аварийный набор ЗИП • Обучение персонала работе с оборудованием • Внутренняя логистика (Storage Solutions) • Оценка изделий на технологичность (внедрение в производство) • Создание рабочих программ, сокращение времени переналадки • Удаленный доступ к оборудованию для оперативной реакции на возникновение неполадок • Контроль технологической дисциплины 	<ul style="list-style-type: none"> • Повышение производительности оборудования • Модернизация существующего оборудования (модернизация агрегатов, обновления ПО) • Создание и оптимизация рабочих программ • Автоматизированное администрирование производства, автоматизированный учет • Автоматический контроль отклонений производственных процессов от установленных значений • Углубленное обучение персонала 	<ul style="list-style-type: none"> • Планирование технического обслуживания силами заказчика (программа обучения) • Модернизация (дополнительные опции для оборудования, оказывающие влияние на качество выпускаемых изделий) • Автоматический анализ качества сборки печатных плат и внедрение автоматических операций оптического и рентгеновского контроля • Обучение технологии • Обеспечение условий для хранения компонентов • Мониторинг внешних воздействий (энергозатраты, параметры внешней среды)



4 План-график убывания потерь

- технологическое обследование процесса производства;
- анализ бизнес-процессов (или административных процессов), относящихся к производству;
- анализ производственной инфраструктуры;
- аттестация персонала.

Результатом обследования становится отпечаток производственной эффективности «как есть», качественно дополняющий цифровые данные. Аудиты позволяют получить качественные данные о работе производства, уровне квалификации персонала, увидеть и зафиксировать условия эксплуатации оборудования, материалы, производственные компоненты, проследить организацию и управление процессом на месте. Далее логично следует третий этап — разработка рекомендаций по повышению эффективности производства.

ЭТАП 3. РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА МЕР ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА

Одна из важнейших частей программы — анализ полученных данных, который должен проводиться только вместе с заказчиком. Заказчик должен знать и понимать, какие меры и для чего будут приняты, быть осведомлен о возможных результатах. Важно, чтобы итогом аналитических усилий явился понятный и простой документ — «план-график убывания потерь», включающий необходимые меры по повышению эффективности и календарный план выполнения действий, расставленных в порядке убывания приоритета, и совмещенный с результатом этих действий в процентах прироста эффективности **рис 4**.

Данный этап включает следующие стадии:

- анализ собранных материалов;
- расстановку приоритетов «узких мест» и проблемных активов/процессов (участков, островов);
- факторный анализ проблематики эффективности производства;
- разработку мер по улучшению каждого проблемного участка;
- разбиение комплекса на отдельные мероприятия;
- оценку времени на реализацию каждого мероприятия;
- выполнение задач в определенные с заказчиком интервалы.

Анализ и выявления ключевых точек приложения усилий уже является способом получения конкурентного преимущества, причем очень востребованным в наше время способом.

ЭТАП 4. РЕАЛИЗАЦИЯ КОМПЛЕКСА МЕР

Специалисты Остек-СМТ реализуют разработанный комплекс мер и проводят необходимые мероприятия. Если вернуться к проблемным областям производства, классифицированным по трем уровням всеобщей эффективности оборудования, то комплекс мер может выглядеть так, как представлено в **Т 1**.

Приведенный вариант мероприятий представляет собой неплохой задел для повышения эффективности производства и конкурентоспособности предприятия, а механизмы измерения эффекта («Синтиз» и СМАРТ) позволяют очень точно измерять эффект от внедрения. Этот эффект порой очень сложно измерить и, соответ-

ственно, оценить и принять корректирующие меры для получения максимального результата. Программное обеспечение позволяет измерять любые цифровые данные, что называется, «пощупать» и увидеть реальный эффект от действий.

Результаты внедрения программы «Повышение эффективности производства»

Результатами внедрения программы повышения эффективности производства должны стать результаты в производительности и экономичности:

- существенное снижение времени простоя оборудования;
- существенное снижение времени переналадки и запуска изделия в производство;
- увеличение межремонтного цикла;
- уменьшение количества производственного брака;
- снижение времени планово-предупредительных ремонтов;
- обеспечение необходимого уровня технической готовности оборудования;
- оптимизация технического обслуживания производственных активов;
- автоматический анализ конструкции изделий на стадии проектирования;
- учет и анализ показателей работы оборудования.

Как было сказано в начале статьи, нашей целью является экономическая эффективность. В этой области результатами внедрения программы станут:

- значительное снижение издержек, перенос части капитальных затрат в область операционных издержек;
- быстрый запуск продукции в производство — увеличение скорости запуска в производство достигает 30-50 %;
- снижение себестоимости производства изделий;
- применение современных методов управления активами и организации процесса производства;
- повышение качества изделий;
- выпуск конкурентоспособной продукции;
- увеличение производительности до 50 %;
- увеличение рентабельности инвестиций: активы начинают приносить больший доход;
- уменьшение периода окупаемости вложений.

Конечно, эти результаты опосредованы улучшением технических параметров производства, однако именно производство обеспечивает саму возможность получения прибыли и экономическую эффективность. Поэтому важно не только обеспечить эту возможность, но также открыть новые способы снижения затрат и создания ценности.

В заключение, подытожим информацию, рассмотренную в двух частях статьи.

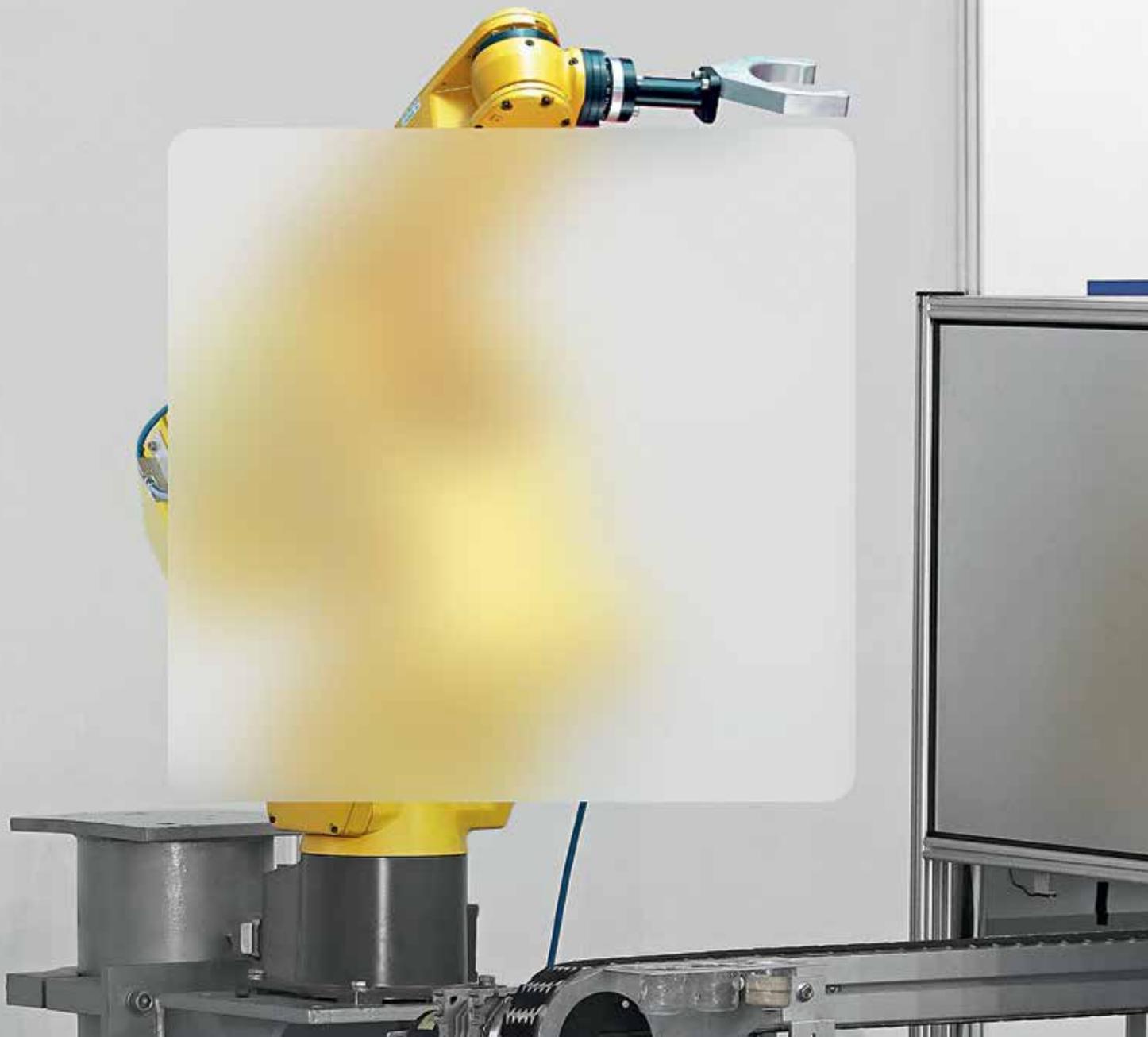
Остек-СМТ, как специалист в оказании сервисных услуг по классам высокоточного оборудования, отмечает нарастающий интерес и потребность в сервисных программах нового типа — в комплексных программах на основе мониторинга и диагностики состояния оборудования специальными техническими средствами. Спрос на данный вид услуг обусловлен изменившейся структурой конкуренции на конечных для заказчиков рынках и возросшей динамикой изменений, а также самой возможностью применять информационные технологии для анализа работы оборудования и характеристиками этих технологий.

Проблемы, с которыми сталкиваются производства, в целом являются типовыми. Существуют методики классификации проблем и повышения эффективности производства. Одной из таких методик является расчет и оптимизация коэффициента общей эффективности оборудования на основе трех групп: доступности оборудования для выполнения рабочих операций, производительности или скорости выполнения этих операций и, наконец, качества производства изделий.

Остек-СМТ на основе анализа возможностей для повышения эффективности работы монтажно-сборочного оборудования, собственной экспертизы, методик расчета и собственных программно-аппаратных разработок представляет сервисную программу, основанную на постоянном мониторинге работы оборудования техническими средствами и дополненную качественными шагами: аудитом, разработкой мер повышения эффективности по трем упомянутым выше категориям. Данная программа помогает решать большинство проблем, возникающих на монтажно-сборочном производстве.

Однако не только в возрастающей эффективности производства лежит вся ценность мониторинга и учета параметров работы оборудования, а также использования для этого программно-аппаратных средств. Остек предлагает взглянуть на производство с позиции полного перевода всех информационных потоков в цифровую форму — построить цифровую модель производства. Это предоставляет ряд неоспоримых выгод, ценность которых может показаться небольшой, однако в реальности несет глубокие структурные изменения в производстве и дополнительные знания для принятия решений. Это — экспертные системы принятия решений по технологии производства, накопление статистических данных, позволяющих проводить анализ взаимосвязей и решать задачи нормирования и прогнозирования производства. Существуют решения, позволяющие снижать время на запуск изделия в производство и переналадку, а также анализировать транзакционные данные и еще глубже вникать в вопросы повышения эффективности оборудования или принимать решения относительно управления активами.

Данные направления развития выходят за рамки настоящей статьи, но мы вернемся к ним в новом цикле статей, посвященных «Цифровой фабрике» 



Видеть сегодня промышленное оборудование будущего невозможно, **но технологии производства электроники для него — необходимо**

Гибкость, точность и надежность, что будут присущи промышленному оборудованию завтра, зависят от технологий его производства, которые необходимо внедрять сегодня. У нас уже есть решения для такого развития, разработанные в сотрудничестве с мировыми поставщиками новейшего оборудования и технологий. Эти решения позволяют найти оптимальный путь к успеху производства промышленной электроники.



будущее
создается

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



ТЕХПОДДЕРЖКА

Трубчатые припои ELSOLD – современный взгляд на технологию ручной пайки



Текст: **Денис Поцелуев**



На протяжении многих десятилетий трубчатые припои являются самым распространенным решением для ручной пайки, обеспечивающим одновременную дозированную подачу припоя и флюса к месту пайки. Несмотря на широкое применение паяльных паст, которые выполняют схожую задачу, трубчатые припои прочно заняли свою нишу и применяются для определенных задач: доработка, ремонт, мелкосерийное производство, производство прототипов. В России трубчатые припои находят все более широкое применение благодаря технологичности и удобству использования. Специфика и многообразие задач обуславливают повышенные требования к качеству, составу и широте ассортимента. В данной статье на примере продукции марки Elsold описываются основные типы и характеристики трубчатых припоев, особенности производства и рекомендации по выбору.

Современные тенденции в производстве электроники оказывают определяющее влияние на выбор и использование материалов, в том числе при ручной пайке. Основным материалом, применяемым в процессах ручного монтажа, по-прежнему является трубчатый припой. Вспомним определение: трубчатый припой — это припой в виде проволоки с флюсом внутри, который позволяет выполнять операцию ручной пайки в соответствии с современными требованиями. Использование трубчатых припоев способствует повышению производительности ручной пайки и в определяющей степени повторяемости результата.

Многообразие требований и задач привело к тому, что были разработаны и выпускаются сотни видов трубчатого припоя с различными сплавами, диаметрами, составом флюса и его количеством. Введение в 2006 году директивы RoHS об ограничении использования свинца в производстве электроники увеличило число типов трубчатого припоя более чем в два раза.

Современные припои можно разделить по типу сплава на две большие группы: бессвинцовые и свинецсодержащие. Среди бессвинцовых припоев чаще всего используются два типа сплава: олово-серебро-медь (SAC305, SAC105) и олово-медь (SC07, C1). Помимо законодательных ограничений бессвинцовый сплав выбирается в зависимости от задач и требований к изделию. Основным является вопрос совместимости сплавов и необходимая температура плавления. Большинство свинцовых сплавов совместимы с бессвинцовой технологией и пригодны для пайки бессвинцовых покрытий. А вот при ремонте бессвинцовых изделий нужно руководствоваться тем сплавом, которым была произведена изначальная пайка.

Свинецсодержащие сплавы — это исторически зарекомендовавшие себя в производстве электроники сплавы олова и свинца, широко применяемые на российских производствах (Sn60Pb40; Sn63Pb37; Sn62Pb36Ag2).

Наряду с общепринятыми рекомендациями по выбору трубчатых припоев следует учитывать и практические аспекты, влияющие на технологию, качество, экономичность. Современные тенденции к повышению контроля качества и процессов производства, а также новый этап индустриализации, известный как «Индустрия 4.0», также оказывают влияние на решение о выборе продукта. В совокупности можно составить примерный перечень критериев и требований, предъявляемых к современным трубчатым припоям:

- устойчивость к образованию коррозии;
- высокая скорость пайки и смачиваемость;
- сохранение свойств при повышенных температурах пайки;
- прозрачные остатки флюса;

- малое количество остатков на поверхности печатного узла;
- малая разбрызгиваемость;
- низкое содержание вредных веществ, приятный запах;
- малое количество остатков на жале паяльника.

При существующем многообразии трубчатых припоев и предъявляемых к ним требований процесс выбора необходимого продукта может быть затруднительным. Основные параметры, на которые необходимо обращать внимание: сплав, диаметр припоя, тип и количество флюса.

Со сплавом и диаметром припоя определиться достаточно просто. Сплав припоя следует выбирать аналогичный или максимально близкий сплаву, которым производилась основная пайка. Диаметр трубчатого припоя подбирается в соответствии с размерами паяемого вывода и жала паяльника.

Флюс необходимо выбирать более тщательно как по химическому составу, так и по объему его содержимого в трубчатом припое. Химический состав влияет на качество паяемости, а также на безопасность остатков. От количества флюса в припое (указывается в процентах по весу от общего веса припоя) зависят смачиваемость, глубина протекаемости, количество остатков. Основная задача флюса в трубчатом припое — улучшать смачиваемость, формировать качественные паяные соединения и обеспечивать отсутствие коррозии в конечном изделии. Также флюсы должны удалять с поверхности спаиваемых материалов налеты, прежде всего оксиды, и снижать поверхностное натяжение. Флюс должен способствовать передаче тепла к месту пайки и оставлять минимальное количество неактивных остатков.

Основная составляющая флюса — активаторы. В большинстве своем это органические карбоновые кислоты (например, адипиновая кислота) и/или галлоидные соединения алюминия (например, диэтилхлоридалюминия). Существенную роль играют смолы, которые могут присутствовать во флюсе в концентрации до 100 %. Так, канифоль, натуральный продукт, добываемый из смолы итальянской сосны (*Pinus pinea* L.), сама действует как активатор и присутствует во флюсах класса ROL0 в чистом виде или в виде спиртового раствора. Наряду с канифолью используются также ее производные, такие как гидрированная димеризированная и этерифицированная канифоль с улучшенной температурной стабильностью. Под общее понятие канифоли подпадают также различные натуральные виды смол, например, талловая и экстракционная канифоль. Следует отличать искусственные смолы, которые обладают меньшей активностью в процессе пайки. Вместе с тем флюсы на основе

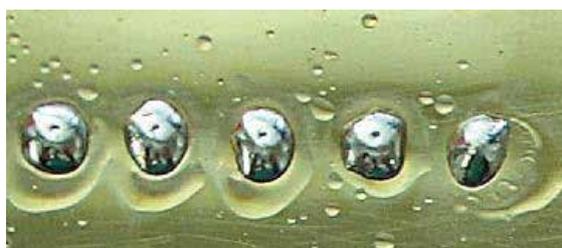
искусственных или модифицированных смол обладают определенными преимуществами, в первую очередь, широким спектром свойств и большими возможностями оптимизации в части количества остатков флюса, их цвета, разбрызгиваемости и паяемости **Т 1**. Все виды смол, помимо содействия процессу пайки, обладают еще одним положительным свойством — герметизировать остатки флюса и, таким образом, препятствовать возникновению последующих реакций (например, коррозии).

При выборе типа флюса необходимо учитывать назначение и класс производимой продукции, а также наличие или отсутствие процесса отмычки. При производстве печатных узлов, не требующих в дальнейшем отмычки, предпочтительнее использовать флюсы с умеренной активностью (класс L или M). Сильно активные флюсы (класс H) не рекомендованы к применению. Стандартно при ручной пайке используются флюсы типа RO (1.##) RE (1.##) и OR (2.##) классов LO (##.3), L (##.2), MO (##.3). Ограниченно используются RO/REM1 (1.##.2). Другие классы флюсов могут применяться по рекомендации специалистов и после проведения испытаний. Выбирая трубчатый припой, нужно учитывать его совместимость с другими используемыми при сборке печатных узлов флюсами, чтобы не вызвать химическую несовместимость, которая может привести к непредсказуемым последствиям.

Флюсы для трубчатых припоев, применяемых в электронной промышленности, состоят в основном из органических соединений. Это преимущественно органические и синтетические смолы с добавлением реактивных соединений — активаторов. Органические соединения обладают высокой чувствительностью к термическим нагрузкам и способны проявлять различные реакции. Например, при высоких температурах пайки наблюдается потемнение остатков флюса и разбрызгиваемость **рис 1**, **рис 2**. Другими типичными реакциями могут быть полимеризация смолы, разложение карбоновых кислот



1
Термически перегруженные остатки флюса (400 °С, 10 сек.)



2
Разбрызгивание флюса

Т 1

Сравнительные характеристики свойств трубчатых припоев с различными классами флюсов

Особенности трубчатых припоев / класс флюса	RO	RE	OR
Устойчивость к образованию коррозии	v	v	
Устойчивость к электромиграции	v	v	
Механическая прочность	(v)	v	(v)
Высокая скорость пайки и смачиваемость	Для каждого типа		
Сохранение свойств при повышенных температурах пайки		v	v
Прозрачные остатки флюса		v	v
Малое количество остатков флюса			v
Малая разбрызгиваемость		v	(v)
Невысокое содержание вредных веществ		(v)	(v)
Приятный запах	Типичный для смол		(v)
Малое количество остатков на жале паяльника			v

Компания ELSOLD GmbH & Co. KG была основана в декабре 2010 года и входит в состав группы компаний JL Goslar. С 1954 года ELSOLD GmbH & Co. KG развивалась как самостоятельная бизнес-единица в области производства, развития и поставок паяльных материалов. Сегодня ELSOLD известен как ведущий производитель инновационных паяльных материалов для электронной промышленности. Продукция под маркой ELSOLD ассоциируется с высоким качеством. Подтверждением этому служит тот факт, что компания является единственным поставщиком припоев для Европейского космического агентства. Технологические материалы и решения, а также возможности по оптимизации технологических процессов разрабатываются в тесном взаимодействии с клиентами. Высококачественные продукты, опыт и практическая применимость знаний делают компанию ELSOLD признанным и компетентным партнером в области электроники.

с выделением окиси углерода и других нелетучих соединений. Галлоидные соединения уже при относительно низких температурах могут выделять галогенводородную кислоту. Хотя это положительно влияет на малое количество остатков галогенидов на месте пайки, но из-за стремительности реакции может приводить к разбрызгиванию флюса. Учитывая, что скорость химических реакций может вырасти почти в два раза при повышении температуры на 10 °С, становится очевидно, что увеличение температуры на 20-30 °С значительно повлияет на поведение флюса.

Чтобы избежать темных остатков и разбрызгивания, при производстве трубчатых припоев ELSOLD используют адаптированные композиции флюса. Синтетические смолы и активаторы подбираются с учетом температуры процесса пайки. Им свойственны светлые остатки, вплоть до бесцветных, а также стабильность при высоких температурах рис 3 и рис 4. Ориентиром для выбора флюса может служить информация о температурах разложения его основы, которая во многих случаях соответствует температуре плавления. Если эти данные неизвестны, подобрать можно только опытным путем.

Еще одним важным фактором, влияющим на качество пайки трубчатыми припоями, является процесс производства. При производстве трубчатого припоя флюс в жидкой форме добавляется в припой при темпе-



3 Пайка трубчатыми припоями с флюсом на основе канифоли RO (слева) и синтетической смолы RE (справа)



4 Сокращение темных остатков флюса на жале паяльника на примере пайки трубчатым припоем с флюсом на органической основе ORLO, 2 г трубчатого припоя, 380 °С

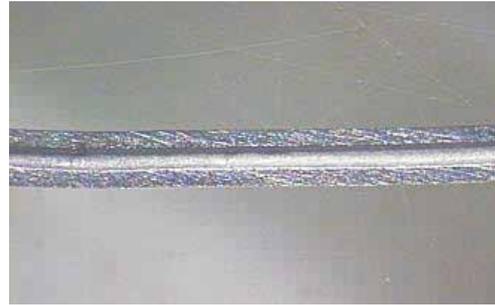
ратуре 120-140 °С **рис 5**. На первом этапе припой представляет собой проволоку диаметром 14 мм с содержанием канала флюса диаметром 2-3 мм. Если мельчайшие пузырьки газа, содержащиеся во флюсе, не будут удалены в процессе волочения проволоки, то это может привести к пропуску флюса **рис 6**. В тонких трубчатых припоях такие пустоты могут распространяться на несколько метров. Микропузырьки газа могут также способствовать разбрызгиванию флюса, так как при повышении температуры газы расширяются значительно больше, чем твердые вещества или жидкости.

Заключение

Трубчатые припои являются на сегодняшний день самым технологичным решением для ручной пайки, ремонта и доработки печатных узлов и приобретают все большую популярность. Многообразие задач и широкая номенклатура трубчатых припоев зачастую затрудняют выбор подходящего продукта. В данной статье, на примере трубчатых припоев Elsold, рассмотрены основные аспекты, которые следует учитывать при выборе подходящего под задачи продукта, а именно:

- сплав припоя;
- тип флюса и его содержание в припое;
- требования к остаткам флюса;
- качество изготовления припоя;
- диаметр припоя.

Решение в пользу выбора трубчатого припоя среди нескольких вариантов может основываться и на других факторах, например, запах, скорость пайки, отзывы персонала. В каждом конкретном случае рекомендуется проводить испытания и анализировать применимость трубчатого припоя к конкретной задаче. 



5 Микрошлиф трубчатого припоя с флюсом (0,8 мм, содержание флюса 2,5 %).



6 Микрошлиф трубчатого припоя с частичным пропуском флюса



3D MID

Технология или искусство?

Экономия

- Меньшее количество компонентов.
- Короткий производственный процесс.
- Возобновляемые расходные материалы.
- Увеличенная надежность.

Экологичность

- Сокращение количества используемых материалов.
- Переработка материалов.
- Снижение расходов материалов.
- Щадящее воздействие на окружающую среду.

Гибкость конструирования

- Интеграция электронных механических и оптических систем.
- Высокая гибкость форм изделий.
- Миниатюризация.
- Новая функциональность.

3D-MID—это полная свобода проектирования электроники.

Решение позволяет придать термопластику любую форму, а потом создать на нем 3D-проводники и установить электронные компоненты. Уменьшается число входящих элементов, понижается материалоемкость и повышается надежность. 3D-MID — это высокая гибкость и миниатюризация, огромный простор для проектирования и возможность создавать произведения искусства в области современных технологий.

Области применения технологии 3D-MID



Автомобильная
индустрия



Платежные
системы



Медтехника



Телекоммуникации



Будущее
создается

Тел.: (495) 788-44-44
info@3dmid.ru



www.3dmid.ru



Видеть сегодня производство будущего невозможно, **НО ПУТЬ К НЕМУ — НЕОБХОДИМО**

Чем сложнее производство, тем сложнее учесть все факторы, от которых завтра будут зависеть его эффективность, рентабельность, конкурентоспособность его продукции. Опираясь на свой опыт и сотрудничество с ведущими мировыми поставщиками оборудования и технологий, мы содействуем комплексному развитию предприятий электронной и радиоэлектронной промышленности. Наш подход основан на пяти слагаемых: исследование, планирование, проектирование, оснащение, сопровождение. Эта формула технологического роста позволяет предприятиям найти оптимальный путь к успеху.



будущее
создается

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

