

Предохранители – это прежде всего безопасность

Визит на производство компании Conquer Electronics

Ю. Ковалевский



В прошлом номере, в первой части статьи «Что стоит за фразой Made in Taiwan»*, мы рассказали о четырех тайваньских компаниях, посещенных в рамках пресс-тура, предваряющего 44-ю Международную выставку электроники TAITRONICS 2018, в котором наш журнал принял участие по приглашению организатора этого мероприятия – Совета по развитию внешней торговли Тайваня (TAITRA). Среди этих компаний был один из мировых лидеров в производстве предохранителей – Conquer Electronics Co., Ltd. В программу посещения этого предприятия входила экскурсия по производству, на котором, в частности, изготавливаются субминиатюрные предохранители, а также предохранители на основе технологии низкотемпературной совместно спекаемой керамики (Low Temperature Co-fired Ceramic – LTCC).

В месяц компания производит около 77 млн субминиатюрных предохранителей, что составляет 47% общего выпуска продукции Conquer Electronics. На втором месте – аксиальные предохранители и вставки (порядка 32 млн штук в месяц). Предохранители поверхностного монтажа занимают третью позицию (около 30 млн штук в месяц).

Безусловно, такие объемы выпуска требуют высокого уровня автоматизации производства, что мы и увидели во время экскурсии. Но помимо этого, было заметно, насколько большую роль отводит Conquer Electronics проведению испытаний для подтверждения надежности, безопасности и качества своей продукции.

* См.: ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес. 2018. № 6. С. 40–45.

Экскурсия по производству, которую проводил заместитель генерального менеджера компании Райан Чу (Ryan Chiu), началась с участка изготовления субминиатюрных предохранителей – компонентов в корпусах с радиальными выводами для монтажа в отверстия. По объемам продаж предохранителей этого типа Conquer Electronics является мировым лидером, поэтому и производство этих компонентов у компании, вероятно, самое большое в мире. Сборка предохранителей выполняется на автоматических центрах, каждый из которых, как отметил Райан Чу, по сути, является полноценной сборочной линией, хотя и занимает площадь, соответствующую обычному рабочему месту.

Всего на предприятии 60 таких центров, и каждый выполняет более 30 операций.

После сборки предохранители отправляются на другие установки, которые также выполняют несколько действий. Этим установкам на предприятии 40.

Подача компонентов осуществляется из россыпи с помощью вибробункера. В установке компоненты вклеиваются в ленту, и на них наносится маркировка лазерным методом. Затем они проходят автоматическую оптическую инспекцию. На выходе установки лента

складывается, что позволяет компактно уложить компоненты в лотки. В таком виде они поступают на визуальный контроль.

Окончательный визуальный контроль, который проходят 100% данных предохранителей, является последней операцией перед окончательной упаковкой и отгрузкой заказчику. Всего в выполнении этой операции занято около 20 контролеров.

Помимо автоматизированных участков, на которых изготавливаются серийные изделия, на производстве имеются и рабочие места ручной сборки. Здесь собираются новые предохранители до того, как они будут запущены в серию, для того чтобы отработать и испытать новый компонент.

Процесс изготовления традиционных предохранителей, даже очень миниатюрных, по большей части является сборочным процессом. Однако миниатюризация электронных устройств вызывает потребность в компонентах настолько малого размера, что для их производства требуется применение новых технологий. Предохранители не являются исключением.

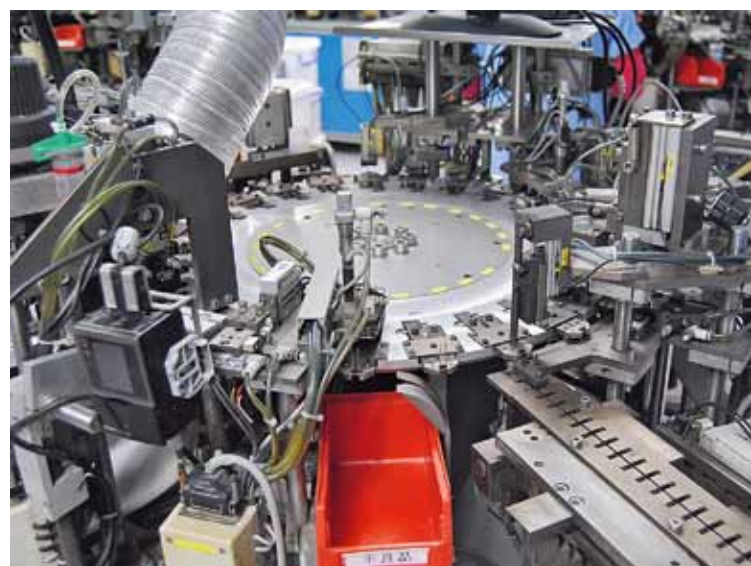
На производстве Conquer Electronics изготавливаются в том числе предохранители для поверхностного монтажа по технологии LTCC. Этот процесс выполняется в чистой зоне.



Райан Чу



Здание Conquer Electronics в Тайбэе



Сборочный центр. На таких установках производится сборка субминиатюрных предохранителей



Вклейка в ленту и лазерная маркировка субминиатюрных предохранителей

Самый миниатюрный LTCC-предохранитель, который выпускается Conquer Electronics, имеет размеры $1,6 \times 0,8 \times 0,8$ мм (корпус 0603). Такие компоненты используются, например, в цифровых фотоаппаратах и видеокамерах.

Большая часть процесса изготовления LTCC-предохранителей выполняется на автоматических установках, но, как сказал Райан Чу, на начальных этапах есть операции, выполняемые вручную.

Также в рамках экскурсии мы посетили испытательную площадку – лабораторию, сертифицированную UL и TÜV и выполняющую испытания как собственной продукции, так и по заказу других компаний, например тех, которые используют предохранители Conquer Electronics или других производителей в своих



Автоматическая оптическая инспекция. На выходе установки лента складывается для дальнейшего визуального контроля и упаковки

изделиях и хотят убедиться в том, что эти компоненты достаточно надежны.

Самый важный параметр для предохранителя – это отключающая способность, то есть то, насколько надежно он выполнит разъединение цепи в случае превышения нагрузки. Как сказал Райан Чу, практически любая сертификация содержит очень жесткие требования в отношении данного параметра, поэтому



Участок выходного визуального контроля



Ручная сборка новых изделий для их отработки перед запуском в серийное производство



Чистая зона, в которой изготавливаются предохранители по технологии LTCC

в компании предохранители в обязательном порядке проходят соответствующие выборочные испытания.

Кроме того, даже если предохранитель используется в достаточно простом изделии, например зарядном устройстве для телефона, он может подвергаться воздействию очень больших импульсных напряжений и значительных токов, которые могут превышать номинальные параметры этого компонента в разы, а то и на порядки. Так, из-за удара молнии в электросети может возникнуть выброс напряжения величиной в несколько киловольт. Такая перегрузка предохранителя может привести к его физическому разрушению, и очень важно с помощью испытаний проверить, не приведет ли это к опасным последствиям.

Нам продемонстрировали, как проводятся испытания импульсным напряжением 15 кВ и повышенным током. Как отметили сотрудники компании, воздействие импульса напряжения такой величины примерно соответствует условиям, возникающим при ударе молнии.

Помимо того, как поведет себя предохранитель при превышении нагрузки, эти компоненты проверяются на предмет их надежности в обычном режиме. Ведь за весь достаточно длительный период эксплуатации изделия может ни разу не возникнуть ситуация, когда от предохранителя потребуются разорвать цепь для обеспечения защиты, и если при этом устройство выйдет из строя из-за перегоревшего без причины предохранителя, вряд ли потребитель будет этим доволен.

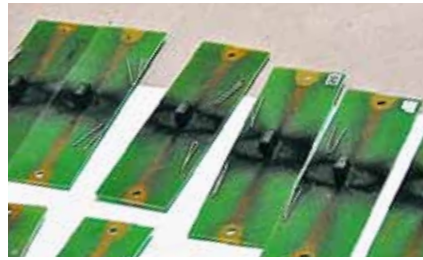
Для того чтобы убедиться в надежности продукции, на предприятии проводится целый ряд испытаний. В частности, компоненты подвергаются ускоренному

старению в условиях пониженных (до $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$) и повышенных (до $+150\text{ }^{\circ}\text{C}$) температур. Как рассказали сотрудники компании, это позволяет оценить надежность предохранителя при эксплуатации в течение 2–3 лет всего за несколько сотен часов.

Как известно, чаще всего электроника выходит из строя при включении или выключении, то есть в условиях переходных процессов. Поэтому предохранители также выборочно испытываются на стойкость к циклам подачи и снятия нагрузки. Обычно в процессе испытаний выполняется по меньшей мере 1000 циклов.



Установка испытаний на импульсное перенапряжение 15 кВ



Результаты
испытания
повышенным
током

Подготовка к испытанию повышенным током

Кроме того, на предприятии выполняются испытания компонентов на воздействие других внешних факторов, например солевого тумана с целью определения их стойкости к коррозии.

Но прежде чем компонент начнет работать в составе устройства, он должен быть в это устройство установлен. Для предохранителей, монтируемых на

печатные платы, очень важным параметром, критически влияющим на надежность конечного изделия, является качество образуемых паяных соединений, которое, в свою очередь, во многом определяется паяемостью контактных поверхностей компонентов. Кроме того, компоненты для поверхностного монтажа должны выдерживать условия пайки оплавлением.

Для проверки того, как поведут себя поверхностно-монтируемые предохранители в условиях реального производства, на предприятии имеется небольшой участок поверхностного монтажа. На нем установлена 6-зонная печь конвекционной пайки оплавлением. Как рассказали представители предприятия, эта печь совсем новая: она была приобретена в этом году.

На данном участке выполняется тестовая пайка поверхностно-монтируемых компонентов, в том числе с использованием материалов и температурных профилей, аналогичных применяемым конкретным заказчиком.

Также продукция компании проходит испытания на механические воздействия. Для подтверждения вибропрочности изделий на предприятии имеется вибростенд.

В заключение отметим, что в течение этой короткой экскурсии Райан Чу также с гордостью обратил внимание на качество управления на предприятии. Безусловно, это является одним из важнейших факторов в обеспечении качества продукции, в особенности при массовом производстве. ●



Испытательные установки. Слева на переднем плане – установка циклических испытаний на подачу-снятие нагрузки



Печь конвекционной пайки оплавлением, используемая для испытания на качество пайки предохранителей для поверхностного монтажа