

ДЕФФЕКТ ПАЙКИ – ПОДНЯТИЕ КОМПОНЕНТА КАК ИЗБЕЖАТЬ ЕГО ИЛИ УМЕНЬШИТЬ?

А.Леонов leonov@absolutelectronics.com

В связи с миниатюризацией электронных компонентов и устройств все большее значение приобретает качество монтажа компонентов на печатных платах. Несмотря на то, что технологии пайки постоянно совершенствуются, требования к качеству монтажа растут еще быстрее. Большие трудности возникают при пайке печатных плат с плотным размещением компонентов SMD (Surface Mounted Devices), что заставляет искать новые технологии, которые способны повысить качество пайки, увеличить производительность процесса и снизить его стоимость. Поднятие компонента или "надгробный камень" – это дефект пайки оплавлением, при котором чип-компонент поднимается на один из своих торцов, подобно надгробному камню, образуя паяное соединение только с одной стороны компонента. И если всего 20 лет назад эффект "надгробный камень" был практически неизвестен, то сегодня эта проблема в условиях серийного производства может принимать массовый характер. Авторы статьи, проанализировав, как влияет на возникновение дефекта "надгробный камень" профиль оплавления, предлагают свое решение этой проблемы.

Причина возникновения дефекта поднятие компонента – неравномерное оплавление припоя на разных контактных площадках, в результате чего на компонент со стороны припоя воздействуют неуравновешенные силы поверхностного натяжения, стремящиеся приподнять компонент над поверхностью контактной площадки.

Неравномерность оплавления, как правило, бывает связана с неправильной конструкцией платы (например, с различной теплоемкостью площадок, если не выполнены корректные термобарьеры), но существуют случаи, когда она вызывается теневыми эффектами при пайке или неодновременностью разогрева пасты при движении платы по конвейеру печи. Также дефект может

быть связан с плохой подготовкой поверхностей и отсутствием смачивания.

Режимы пайки печатных узлов определяются температурным профилем. Весь процесс пайки можно разделить на четыре основные стадии.

Стадия предварительного нагрева позволяет снизить тепловой удар на электронные компоненты и печатные платы. В процессе предварительного нагрева происходит испарение растворителя из паяльной пасты. Высокая скорость предварительного нагрева в "традиционном" профиле может приводить к преждевременному испарению растворителя, входящего в состав паяльной пасты, и к целому ряду дефектов: повреждению компонентов за счет теплового удара, разбрызгиванию шариков припоя и возникновению перемычек припоя.

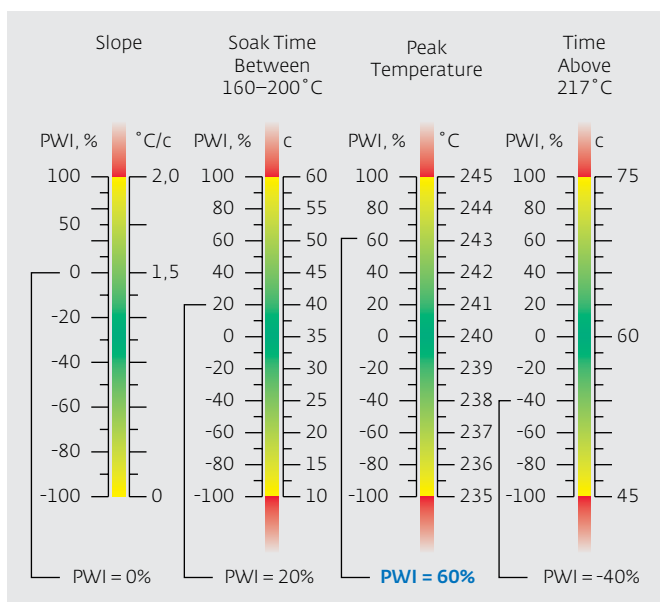


Рис.1. PWI = 60% для стандартного профиля оплавления пасты со сплавом металла, не содержащим свинца

Стадия стабилизации позволяет активизировать флюсующую составляющую и удалить избыток влаги из паяльной пасты. Повышение температуры на этой стадии происходит очень медленно. Стадию стабилизации также называют "стадией температурного выравнивания", так как именно на этой стадии должен обеспечиваться нагрев всех компонентов на плате до одинаковой температуры. Если продолжительность стадии стабилизации недостаточна, то в результате могут возникнуть дефекты типа "холодная пайка" и эффект "надгробный камень". В случае длительного времени или высокой температуры стадии стабилизации флюс может

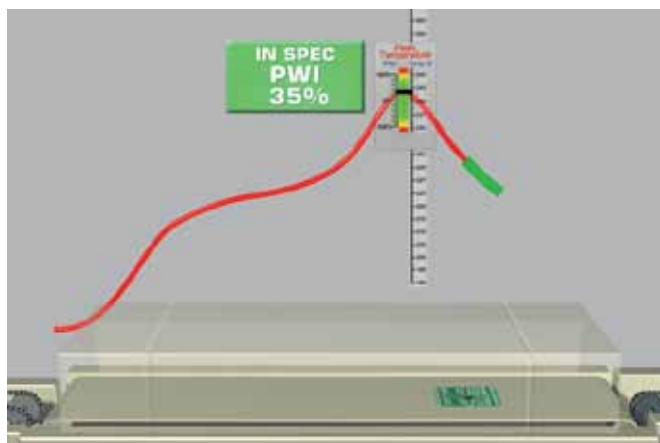


Рис.3. Проверка профиля: снятие реальных значений температуры в печи оплавления

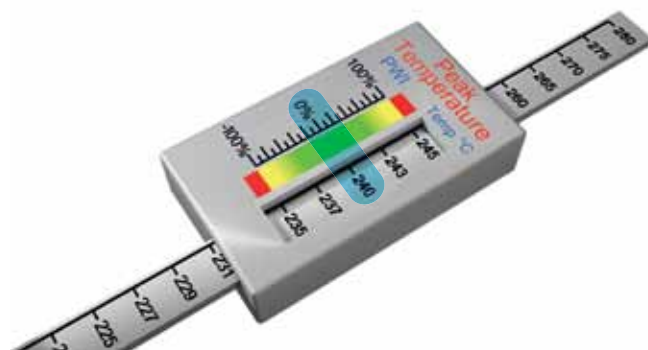


Рис.2. Определение допуска для пиковой температуры оплавления, пайки

потерять защитные свойства, его активность снижается, это приводит к ухудшению паяемости и разбрызгиванию шариков припоя на стадии пайки.

Стадия оплавления. На этой стадии температура повышается до расплавления паяльной пасты и происходит формирование паяного соединения. Для образования надежного паяного соединения максимальная температура пайки должна на 30–40°C превышать точку плавления паяльной пасты. При низкой температуре пайки наблюдается слабая смачиваемость, особенно для компонентов с плохой паяемостью.

Стадия охлаждения. Для обеспечения максимальной прочности паяных соединений скорость охлаждения должна быть максимальной. В то же время высокая скорость охлаждения может вызвать термоудар по электронным компонентам. Рекомендуемая скорость охлаждения 3–4°C/с до температуры ниже 130°C.

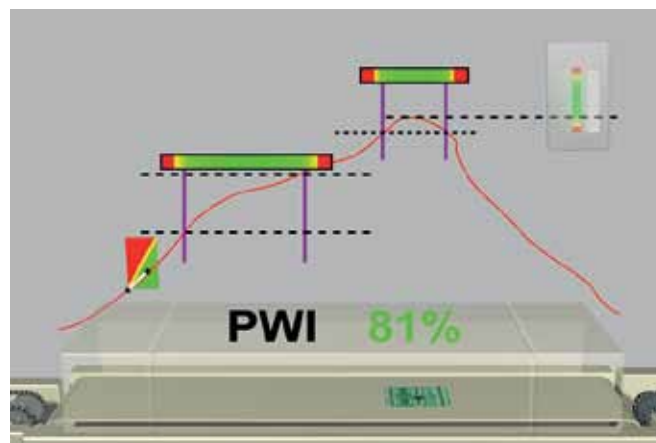


Рис.4. Градиент, выдержка, пик и оплавление – стандартные параметры профиля



Рис.5. Профиль оплавления с индексом рабочего окна PWI=39%

Окончательный выбор режимов пайки производится технологами, исходя из конструкции печатной платы, типа и размеров компонентов, количества компонентов на печатной плате, особенностей используемого оборудования, результатов экспериментальных режимов, типа паяльной пасты и т.д.

Как уже отмечалось, появление дефекта "надгробный камень" обусловлено разными причинами, но в данной статье рассмотрим, как влияет на возникновение этого дефекта профиль оплавления. Разработанное авторами программное обеспечение KIC2000 к измерителю температур KIC упрощает задачу.

Можно предложить два способа решения проблемы появления дефекта "надгробный камень": первый - уменьшить скорость конвейера в печи,

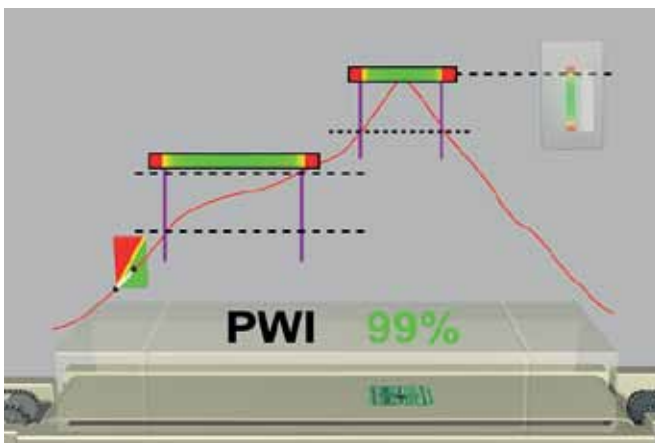


Рис.6. Профиль оплавления на грани допуска по пиковой температуре, индекс рабочего окна PWI=99%

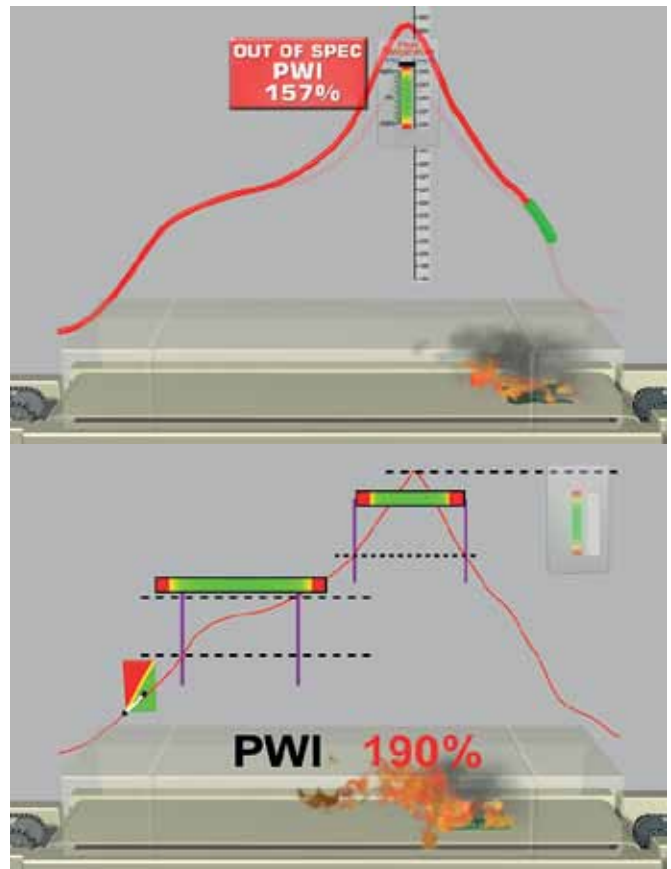


Рис.7. Пиковая температура высока и выходит за рамки допуска, индекс рабочего окна профиля высокий, расположен за пределами допуска в красной зоне – PWI=190% , риск перегрева платы

что снизит градиент и скорость нагрева платы до пиковой температуры, второй - оставить скорость конвейера прежней, но увеличить время выдержки перед процессом оплавления.

Сначала рассмотрим используемую в статье терминологию и основные характеристики профилей пайки.

PWI - индекс рабочего окна (рис.1). В процессе оплавления припоя на плате следует придерживаться установленных для пасты и/или изделий допусков. Самые важные параметры, которые следует контролировать, - градиент, выдержка, оплавление и пиковая температура (рис.2, 3). Процесс в целом характеризуется по наибольшему отклонению от идеального значения (см. рис.2, выделено голубым цветом). Максимальное отклонение называется индексом рабочего окна.

Проверка профиля проводится следующим образом: измеряются реальные значения температуры в печи оплавления и определяется,

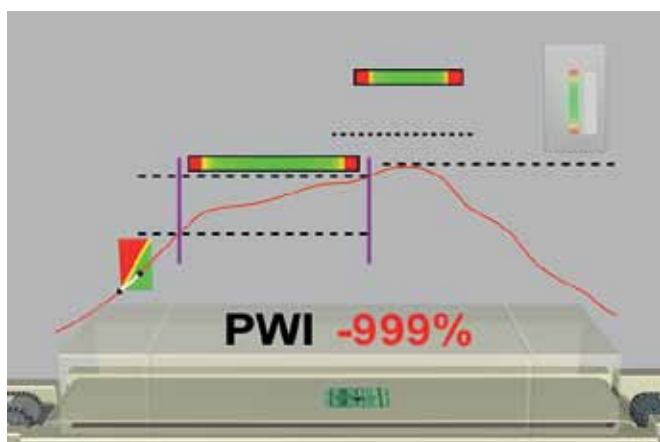


Рис.8. Отклонения профиля от установленных допусков, индекс рабочего окна отрицательный, металл не оплавился, температура на изделии не достигла точки плавления сплава

как полученные значения укладываются в установленные допуски для процесса пайки (см. рис.3). На рис.5-8 приводятся примеры профилей оплавления с разными индексами рабочего окна и указываются отклонения профилей от установленных допусков. Например, на рис.8 инструментальные измерения показывают отклонения профиля от установленных допусков, индекс рабочего окна указывается по наихудшему параметру. Значение индекса – отрицательное, металл не только не оплавился, но и температура на изделии не достигла точки плавления сплава.

Градиент (уклон) определяется как изменение температуры во времени, выражается в градусах Цельсия на секунду. Часто в спецификациях к материалам рекомендуется скорость нагрева $3^{\circ}\text{C}/\text{с}$. Физически это означает, что при движении платы по конвейеру печи за каждую секунду ее температура увеличивается на 3°C . Если причиной подъема компонентов (эффект "надгробный камень") является профиль процесса оплавления припоя, то фактически припой с одной стороны компонента на контактной площадке расплавился и перешел в жидкую фазу, а на другой стороне компонента припой еще не расплавился и находится в твердой фазе, что и является причиной подъема. Это происходит в результате того, что градиент профиля очень высокий (крутой, большой).

Для оптимизации процесса и снижения градиента можно уменьшить скорость конвейера (увеличить время нахождения платы в печи) или снизить температуру. В обоих случаях

градиент может снизиться с 3 до $1^{\circ}\text{C}/\text{с}$. Однако при снижении скорости конвейера (градиент снижается примерно до $1^{\circ}\text{C}/\text{с}$) в три раза увеличивается время нахождения изделия в печи оплавления припоя. Это, естественно, может привести к проблемам с компонентами, чувствительными к температуре, так как они подвергаются воздействию температур дольше, чем обычно. В этом случае снизится и производительность линии в целом. Таким образом, для большинства предприятий такой способ снижения дефектов поднятия компонентов не решит общую проблему.

Как альтернативу, можно предложить замедление процесса оплавления припоя, т.е. увеличение времени выдержки непосредственно перед точкой плавления сплава припоя (переход припоя из твердой в жидкую фазу). Такое увеличение выдержки часто называют "плечо помощи" (shoulder soak).

Для пасты сплава, не содержащего свинца (Kester NXG1 Sn96,5Ag3,0Cu0,5), решить проблему подъема компонентов можно, используя

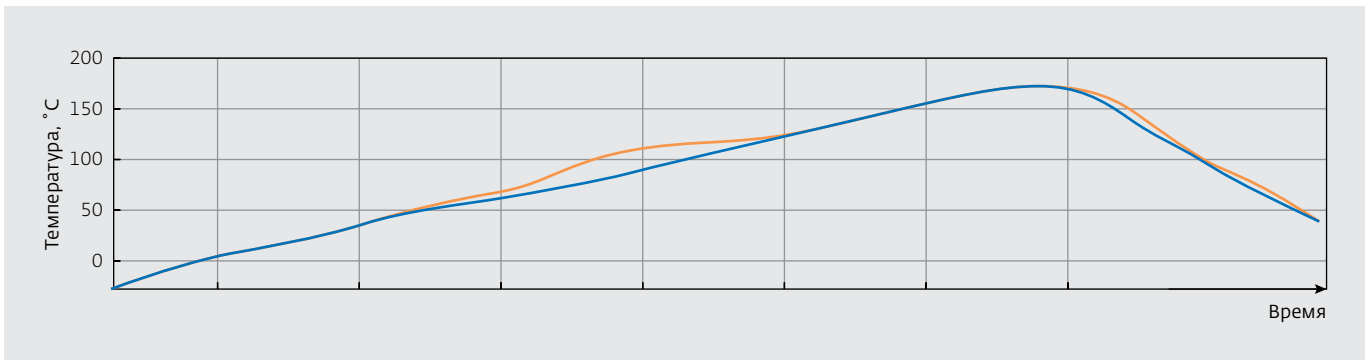


Рис.9. Профиль оплавления для пасты сплава, не содержащего свинца

программу KIC2000 (рис.9). Например, для указанного профиля "плечо поддержки" (дополнительную выдержку) можно поставить в диапазоне от 195 до 210°C на 20–30 с, что позволит снизить градиент нагрева для указанной зоны с 3 до 1°C/с. С помощью программы KIC2000 создаем "плечо поддержки". Желтая линия на рис.9 показывает, каким должен стать профиль оплавления после внесения изменений. Ранее снятые данные, соответствующие рекомендациям спецификации пасты, имели высокий градиент и скорость нагрева припоя на плате непосредственно перед переходом из твердой фазы в жидкую, что могло быть причиной подъемов компонентов.

Если использовать паяльную пасту Kester FL250D Sn62Pb36Ag2 (флюс пасты активируется при более высокой температуре по сравнению с другими пастами), выдержка "плечо поддержки" производится прямо перед точкой плавления в диапазоне от 140 до 180°C. При такой температуре возникновения дефекта "надгробный камень" не происходит.

Программное обеспечение KIC Navigator для измерителя температуры KIC. Функция (auto-predict) автоподсказки ("предсказание") указывает, какие установки в печи следует изменить, чтобы обеспечить оптимальный профиль пайки. Новые данные, рекомендуемые для установки, указываются напротив надписи "подсказка/предсказание (Predict)" с учетом вновь добавленных требований по снижению градиента прямо перед оплавлением сплава (выдержка в диапазоне 160–180°C для свинцовых сплавов и 195–215°C для сплавов без свинца).

Программное обеспечение KIC Navigator выдает автоподсказки для новых требований, что упрощает работу инженера и сокращает время, необходимое на настройку и отработку нового профиля оплавления в печи.

Следующим шагом является измерение температур с помощью прибора KIC с новыми установками в печи (скорость конвейера и температура на нагревателях). Для проверки снимем новые данные по температурному профилю печи и убедимся в уменьшении вероятности поднятия компонентов, т.е. исключаем образование дефекта "надгробный камень", связанного с процессом оплавления пасты.

Оборудование и программное обеспечение KIC регулярно модернизируется и обновляется. Инструментарий KIC создан в первую очередь в помощь технологам для настройки, оптимизации и аудита термических процессов.

Большое преимущество инструмента KIC – это возможность получить прогноз идеального профиля пайки в программе после первого же замера платы в печи. Увеличение числа реальных замеров в печи позволяет не только собрать статистику для точного прогнозирования профилей, но и проводить аудит оборудования и оценку влияния внешних факторов на процесс оплавления.

Идеальным решением является установка встраиваемого комплекса KIC RPI reflow process inspection – инспекции процесса оплавления. Контроль может производиться 24 ч в сутки, семь дней в неделю, 365 дней в году, т.е. всегда, когда печь включена. А в случае существенного отклонения процесса оплавления (выход за пределы установленных допусков) эта система может передавать сигнал на приостановку подачи плат (изделий) в печь до момента, пока температурные режимы в печи не вернуться в пределы установленных допусков.

Все преимущества и достоинства оборудования и программ KIC – тема для отдельной статьи, которая, несомненно, появится в ближайшее время. ●