

ТЕХПОДДЕРЖКА

Надгробный камень преткновения: СПЕЦСПЛАВЫ для борьбы с дефектом



Текст: **Денис Поцелуев**



«Надгробный камень», «эффект Манхеттена», «эффект подъемного моста», «Стоунхендж» — эти слова знакомы каждому технологу, и хочется упоминать их как можно реже. Особенно, когда речь идет о производстве электроники специального и ответственного назначения. Причин появления этого дефекта, равно как и методов борьбы с ним, много. В статье мы рассмотрим влияние качественного состава паяльной пасты на появление такого дефекта как «надгробный камень», а также методы его минимизации.

Дефект «надгробный камень»

Дефект «надгробного камня» известен в технологии поверхностного монтажа уже несколько десятилетий (рис. 1). Несмотря на совершенствование дизайна печатных плат и оптимизацию профилей оплавления все более частое использование миниатюрных компонентов, таких как 0402 и 0201, вывело эту проблему на первый план.

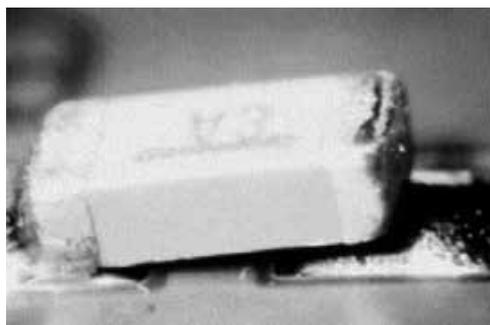
Причины появления дефекта «надгробного камня» можно разделить на следующие категории:

1. Компоненты и печатный узел:
 - a. плохая паяемость покрытий выводов компонентов или печатной платы;
 - b. несоответствие размеров контактных площадок и компонента;
 - c. расстояние между контактными площадками;
 - d. распределение тепла на печатной плате (теневой эффект).
2. Процессы сборки печатного узла:
 - a. ошибки при трафаретной печати (качество отпечатка, полнота отсаждения от трафарета);
 - b. смещение компонентов при установке;
 - c. неправильно подобранные параметры профиля оплавления.
3. Паяльная паста:
 - a. недостаточная липкость;
 - b. скорость оплавления, смачиваемость.

Учитывая, что по статистике более 60% дефектов возникает в процессе трафаретной печати, и свойства паяльной пасты играют в этом далеко не последнюю роль, в статье речь пойдет именно о влиянии свойств паяльной пасты на возникновение и устранение дефекта «надгробного камня».

Для борьбы с дефектом «надгробного камня» компания Indium Corporation провела серьезное исследование, в результате которого разработала запатентованный сплав, позволяющий минимизировать вероятность возникновения этого дефекта и компенсировать дефекты, возникающие из-за погрешностей при проектировании печатных плат.

Задачей исследования было создать сплав олово/свинец/серебро, который смог бы гарантировать больший диапазон между солидусом и ликвидусом и обеспечить баланс поверхностного натяжения на обеих сторонах компонента. Увеличенный диапазон ликвидуса/солидуса замедляет время плавления и смачиваемости, что дает время сбалансироваться силам поверхностного натяжения на разных концах компонента. Подобный



1 Фотографии дефекта «надгробный камень»

эффект достигается благодаря содержанию в сплаве серебра в массовой доле 0,4%. Для пайки оплавлением разработаны паяльные пасты со специальными сплавами Sn62,6/Pb37/Ag0,4 и Sn63/Pb36,6/Ag0,4, позволяющие уменьшить возникновение дефекта «надгробного камня». Такой сплав с уменьшенным количеством серебра получил название Indalloy #100.

Т 1

Влияние химических элементов в сплаве Sn63Pb37 на температуры солидуса/ликвидуса

Сплав	Нижняя температура плавления — солидус	Верхняя температура плавления — ликвидус	Разница температур
Sn63/Pb37	181,9°C	184,7°C	2,8°C
Sn62,6/Pb37/Ag0,4	177,7°C	184,5°C	6,8°C
Sn62,8/Pb37/Bi0,2	181,4°C	184,3°C	2,9°C
Sn62,6/Pb37/Bi0,4	180,8°C	185,2°C	4,4°C
Sn62,8/Pb37/In0,2	181,3°C	184,5°C	3,2°C
Sn62,6/Pb37/In0,4	180,5°C	185,0°C	4,5°C
Sn62,8/Pb37/Sb0,2	182,2°C	186,3°C	4,1°C
Sn62,6/Pb37/Sb0,4	182,4°C	185,8°C	3,4°C
Sn62,8/Pb37/Zn0,2	181,8°C	184,5°C	2,7°C
Sn62,6/Pb37/Zn0,3	182,0°C	185,7°C	3,7°C
Sn62,8/Pb37/Cu0,2	181,0°C	184,1°C	3,1°C
Sn62,6/Pb37/Cu0,4	181,0°C	184,3°C	3,3°C
Sn62,8/Pb37/Ge0,2	181,7°C	184,6°C	2,9°C
Sn62,6/Pb37/Ge0,4	181,7°C	184,3°C	2,6°C
Sn62,4/Pb37/Ge0,6	181,8°C	184,1°C	2,3°C

Т 2

Зависимость массовой доли серебра в сплаве и частоты появления дефекта «надгробный камень»

Концентрация серебра (Ag) (массовая доля%)	Частота появления дефекта «надгробный камень»
0	33% ± 0,15%
0,1	8% ± 0,6%
0,4	0% ± 0,3%
0,6	31% ± 0,19%

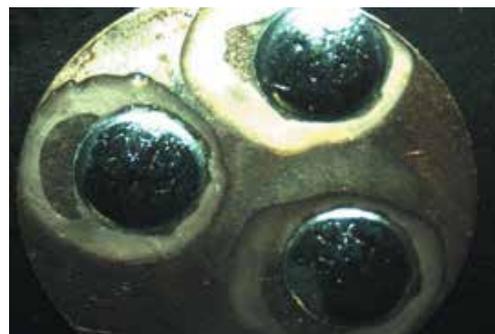
История появления сплава #Indalloy 100

В процессе научных экспериментов было обнаружено, что добавление небольшого количества серебра в оловянно-свинцовый сплав может значительно сократить появление дефекта «надгробного камня», особенно при использовании миниатюрных электронных компонентов, которые все чаще применяются при сборке печатных узлов. В частности, было обнаружено, что количество серебра должно варьироваться в диапазоне 0,1-0,7%, предпочтительно 0,2-0,5% для сплава Sn/Pb (для испытаний за основу был взят сплав Sn63/Pb37). Наилучший результат по снижению количества дефектов был получен при содержании серебра 0,3-0,4%. Этот эффект уменьшения количества дефектов был отмечен в сплавах с содержанием олова (Sn) примерно 58-68%. Дальнейшие исследования сузили диапазон до сплавов с содержанием олова 61-65%, где дефект появлялся реже. Максимальное уменьшение числа дефектов было отмечено в сплавах с содержанием олова 62-64%. Содержание свинца (Pb) варьировалось в диапазоне примерно 32-42% без значительного влияния

на количество дефектов, но оптимальное его количество на практике составило 36-38%.

В результате исследований было обнаружено, что сурьма (Sb) почти не оказывает влияния на уменьшение количества «надгробных камней». Влияние других элементов в сплаве (Ag, Bi, In, Sb, Zn, Cu, Ge) на увеличение разницы температур между солидусом и ликвидусом приведено в Т 1.

На основе этих соотношений были разработаны следующие виды сплавов: Sn62,6/Pb37/Ag0,4, Sn63/Pb36,6/Ag0,4, Sn62/Pb37,6/Ag0,4, Sn62,2/Pb37,4/Ag0,4. Кроме того, было установлено, что отклонение от оптимального содержания серебра в сплаве (напомним: 0,3-0,4%) привело к росту количества «надгробных камней», как показано в Т 2. В этом тесте в качестве основы паяльной пасты был использован канифольный флюс слабой активности при содержании припоя 90% по массе пасты, а размер шариков припоя из сплава Sn63/Pb37 был 25-45 мкм.



2 Паяльная паста серии NC-SM92 со сплавом Indalloy #100® после оплавления

Из **Т 1** видно, что именно сплав с добавлением 0,4% серебра обеспечивает максимальную разницу температур между солидусом и ликвидусом и, соответственно, максимальное время, когда припой находится в вязкотекучем состоянии. В этом случае шансы победить эффект «надгробного камня» намного выше, что особенно важно при производстве ответственных изделий специальной электроники.

По результатам большой серии испытаний и установления закономерностей между процентным содержанием компонентов сплава и количеством дефектов был выбран сплав Sn62,6/Pb37/Ag0,4. С этим сплавом на российский рынок поставляются следующие паяльные пасты:

- Indium NC-SMQ92J Indalloy#100 (паяльная паста с флюсом, не требующим отмывки класса ROL0) **рис 2**.
- Indium 6.4 Indalloy#100 (паяльная паста с водосмываемым флюсом класса OHR1) **рис 3**, **рис 4**.

Отличительные особенности и практическое применение

Помимо снижения вероятности появления дефекта «надгробного камня» паяльные пасты со сплавом Indalloy#100 обладают следующими отличительными особенностями:

- отличная смачиваемость в процессе оплавления;
- высокий показатель заполнения апертур трафарета;
- увеличенное время жизни на трафарете;
- широкое окно технологического процесса;
- возможная оптимизация под электрическое тестирование летающими пробниками в зависимости от типа флюса;
- высокие показатели смачиваемости и паяемости (хорошо смачивает трудно паяемые покрытия, легко работает по окисленным покрытиям).

Паяльная паста NC-SMQ92J Indalloy#100 широко применяется и в области производства специальной техники. Помимо основного назначения — борьбы с дефектом «надгробного камня» — паста с этим сплавом способствует оптимизации производственных затрат: сплав содержит значительно меньшее количество серебра по сравнению со стандартным сплавом Sn62/Pb36/Ag2, поэтому паста с этим сплавом выгоднее на 30%.



3 Паяльная паста серии Indium6.4 со сплавом Indalloy #100® после оплавления



4 Паяльная паста серии Indium6.4 со сплавом Indalloy #100® после отмывки в деионизированной воде

Пример из практики

Один из заказчиков ГК Остек использовал паяльную пасту с эвтектическим сплавом и постоянно сталкивался с возникновением дефекта «надгробный камень» на компонентах 0402 и 0201. Для предотвращения дефекта использовались различные возможности, включая замену производителя компонентов и увеличение площади контактных площадок под компоненты, но положительного результата добиться не удавалось.

Для решения проблемы специалистами Остека было предложено провести аудит линии поверхностного монтажа. Были выполнены следующие работы:

1. ОПТИМИЗИРОВАНА ТРАФАРЕТНАЯ ПЕЧАТЬ.

После нанесения паяльной пасты было обнаружено неравномерное нанесение паяльной пасты на контактные площадки вследствие загрязнений апертур трафарета. После очистки трафарета дефектов после печати обнаружено не было. После пайки оплавлением количество «надгробных камней» уменьшилось на 25%.

2. ПРОВЕРКА АВТОМАТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ КОМПОНЕНТОВ ТИПА 0402 И 0201.

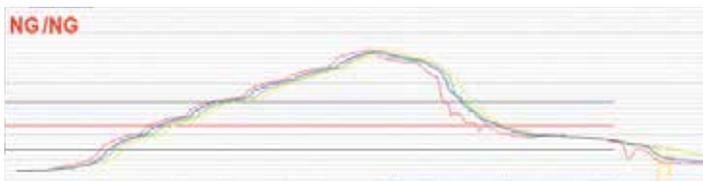
После автоматической установки компонентов было обнаружено боковое смещение более чем на 50% шири-

ны контактной поверхности чип-компонента и ширины контактной площадки, что недопустимо ни для одного из классов изделий рис 5. Технические специалисты изменили настройки автомата, в результате чего удалось добиться отсутствия как бокового, так и торцевого смещения. После пайки оплавнением количество «надгробных камней» уменьшилось еще на 15% по сравнению с первоначальными данными.

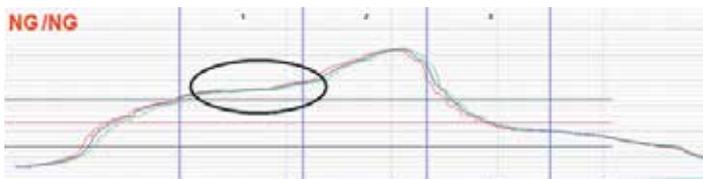
3. ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПРОФИЛЯ ОПЛАВЛЕНИЯ.

Температурный профиль печи оплавления заказчика показан на рис 6. Технические специалисты Остека усовершенствовали этот профиль, скорректировав зону стабилизации в диапазоне между 155°C и 175°C и продолжительностью более 25 сек рис 7. Именно продолжительная зона стабилизации в данном диапазоне температур позволила обеспечить баланс поверхностного натяжения на обеих сторонах компонента. Таким образом, нагрев всех компонентов на плате происходит до одинаковой температуры, что предотвращает их повреждение от теплового удара.

После оплавления количество «надгробных камней» стало заметно меньше, но окончательно дефект не был устранен.



6 Первоначальный температурный профиль печи оплавления



7 Оптимизированный температурный профиль печи оплавления



5 Боковое смещение компонентов после установки

Окончательно устранить проблему удалось с помощью оптимизации технологического процесса сборки печатных узлов и использования паяльной пасты Indium NC-SMQ92J со сплавом Indalloy#100. Это решение оказалось верным на 100%.

ГК Остек поставляет на российский рынок следующие паяльные пасты со сплавом Indalloy #100: Indium NC-SMQ92J Indalloy#100 (паяльная паста с флюсом, не требующим отмывки) и Indium 6.4 Indalloy#100 (паяльная паста с водосмываемым флюсом). Помимо снижения вероятности появления дефекта «надгробного камня» эти паяльные пасты обладают дополнительными отличительными особенностями, такими как отличная смачиваемость, увеличенное время жизни на трафарете, высокий показатель заполнения апертур трафарета. Также паяльные пасты со сплавом Indalloy#100 более выгодны по сравнению с классическими сплавами Sn62 за счет меньшего содержания количества серебра.

В ходе прикладных исследований было доказано, что оптимизация тех-процесса и состав сплава паяльной пасты могут оказывать определяющее влияние на существенное уменьшение дефекта «надгробного камня», особенно при использовании миниатюрных электронных компонентов. ▢