

Три шага к лучшей паяльной пасте

От того, насколько правильно вы подберете паяльную пасту для использования на своем производстве, зависит, сможете ли вы усовершенствовать технологический процесс или же полностью разрушите его. Всего лишь сделав правильный выбор паяльной пасты для ваших конкретных задач, вы существенно облегчите свой путь к максимальной стабильности процесса производства и качеству паяных соединений.

Джон Вивари (John Vivari)

russia@nordsonefd.com

Этот обзор содержит описание наиболее распространенных проблем, с которыми можно столкнуться при подборе паяльной пасты под конкретные задачи производства. Целями любой операции сборки являются высокое качество и высокая производительность в условиях жесткой экономии средств. Высокое качество обеспечивается, в частности, паяльной пастой, которая должна наилучшим образом сочетаться с материалами, из которых изготовлены паяемые компоненты, соответствовать геометрии этих компонентов и особенностям технологии оплавления, используемой для выпуска продукции. Высокой производительности можно добиться, выбрав паяльную пасту, которую можно наносить теми дозами

Введение

(рис. 1), которые оптимально подходят для данной задачи, а также идеально вписывающуюся в имеющийся процесс оплавления. Стоимость производства включает множество параметров, например стоимость материалов, непосредственно работы, контроля качества, исправления и утилизации брака и т.д. Качество и производительность — два наиболее важных фактора для обеспечения снижения издержек производства и повышения его рентабельности.

Не все паяльные материалы (рис. 2) одинаковы, даже если вам кажется, что это так согласно их классификации. Специализированные паяльные пасты способны обеспечить улучшенные рабочие качества конечного продукта. Значительно различаются такие параметры, как характеристики смачивания поверхности, склонность к образованию пор, остаток

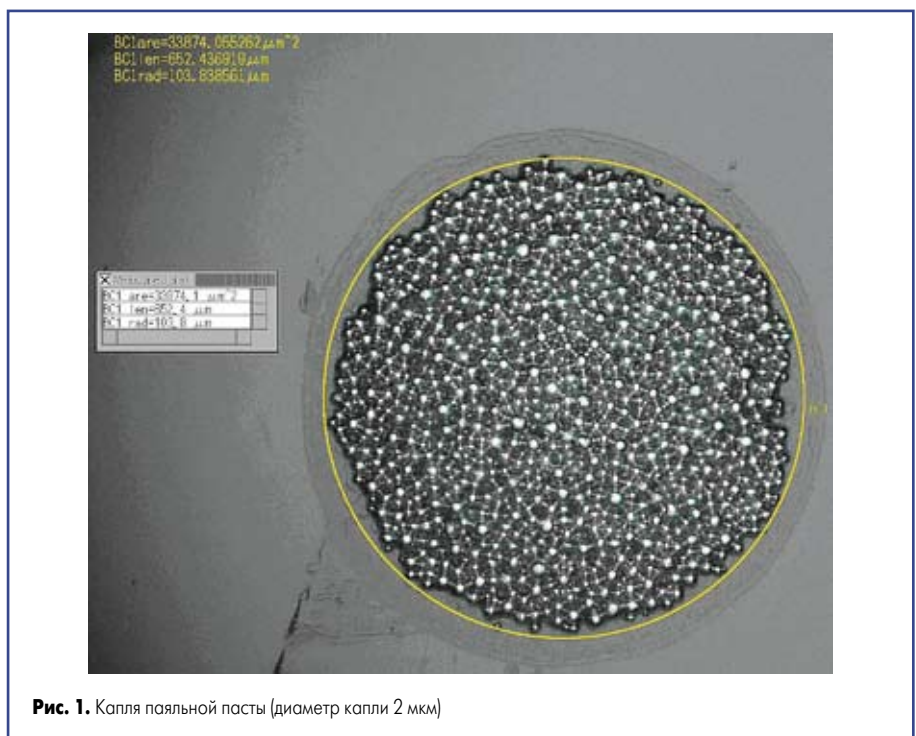


Рис. 1. Капля паяльной пасты (диаметр капли 2 мкм)



Рис. 2. Паяльные материалы

флюса и прочность сплава после оплавления, гибкость сплава и многие другие характеристики, которые играют существенную роль в достижении высокого качества, более высокой производительности и, конечно же, рентабельности производства. Таким образом, задача состоит в определении такого паяльного материала, который бы позволил достичь этих целей.

Правильную паяльную пасту под свои задачи можно выбрать всего за три шага:

1. Выбор сплава. Необходимо оценить требования к сплаву и подобрать такой сплав, который бы полностью соответствовал всем требованиям, предъявляемым к конечному продукту.
2. Выбор типа флюса. Необходимо подобрать нужный тип флюса. Выбор флюса — это процесс, в течение которого необходимо отбросить по одному все типы флюсов, которые имеют те или иные недопустимые характеристики.
3. Определение особых требований к характеристикам флюса. Такие проблемы, как поверхности, трудно поддающиеся пайке, быстрые условия оплавления, варианты очистки после оплавления и вероятность образования пор внутри паяного соединения, необходимо учитывать до того, как выбрать паяльную пасту, а не после того, как с ними столкнется оператор.

Выбор сплава

При выборе сплава необходимо учитывать четыре основных момента: наличие/содержание свинца, температура плавления, размер частиц сплава и прочность на разрыв. Содержание свинца, температура плавления и прочность на разрыв, как правило, указываются вместе. Таблица 1 содержит перечень данных по температурам плавления и прочностным характеристикам для 15 сплавов, используемых в пайке.

При температуре ниже значений, указанных в столбце «Соллидус», сплав будет полностью твердым. При температуре выше значений, указанных в столбце «Ликвидус», сплав будет

Таблица 1. Характеристики сплавов

Сплав	Соллидус, °С	Ликвидус, °С	Предел прочности на разрыв, МПа
Sn42 Bi58*	-E-	138	55,2
Sn43 Pb43 Bi14	144	163	42,2
Sn62 Pb36 Ag2	179	189	46,2
Sn63 Pb37	-E-	183	46,2
Sn60 Pb40	183	191	42,7
Sn96,5 Ag3 Cu0,5*	217	219	50,6
Sn96,3 Ag3,7*	-E-	221	61,4
Sn100*	MP	232	12,4
Sn95 Sb5*	232	240	40,7
Sn95 Ag5*	221	245	69,6
Sn89 Sb10,5 Cu0,5*	242	262	82,7
Sn10 Pb88 Ag2*	268	290	33,8
Sn5 Pb92,5 Ag2,5	287	296	29
Sn10 Pb90	275	302	31,7
Sn5 Pb95	308	312	28,9

Примечание: * Сплавы не содержат свинца.

находиться в жидком состоянии. При температурах между этими значениями сплав становится пластичным — еще не полностью жидкий, но и не твердый, а значение прочности на разрыв близко к нулю. Для наилучшего смачивания паяемых поверхностей требуется пиковая температура: примерно на 15 °С или более градусов выше, чем значение в столбце «Соллидус». Если последующие операции предусматривают работу с высокими температурами, например при производстве двусторонних печатных плат, то пиковая температура последующей операции должна быть ниже температуры, указанной в столбце «Соллидус» для сплава, используемого в предыдущей операции.

Значения предела прочности при сдвиге и прочности на разрыв действительны только при температуре 25 °С на определенной скорости деформации для определенного возраста образца сплава. Прочность на разрыв падает при повышении температуры. При температуре около значения соллидуса прочность на разрыв достигает значения, равного нулю.

Если одним из основных критериев для отбора паяльной пасты вы считаете прочностные характеристики, то в качестве значений, от которых необходимо отталкиваться, используйте приведенные. Используйте их для определения, какой сплав подойдет больше. Подберите два (или более) сплава, чтобы исключить вариативность паяного соединения и компенсировать



Рис. 3. Частицы сплава под микроскопом

Таблица 2. Зернистость порошка паяльных сплавов

Тип пасты	Размер зерна, мкм	Выводы в виде крыла чайки, мм	Окно трафарета квадратного/круглого сечения, мм/дюйм	Диаметр капли при дозировании, мм/дюйм
II	45–75	0,65/0,025	0,65/0,025	0,8/0,03
III	25–45	0,5/0,02	0,5/0,02	0,5/0,02
IV	25–38	0,3/0,012	0,3/0,012	0,3/0,012
V	10–25	0,2/0,008	0,15/0,006	0,25/0,01
VI	5–15	0,1/0,004	0,05/0,002	0,1/0,004

возможные расхождения этих данных с фактическими прочностными характеристиками сплава. Учитывайте, что сплавы с более высокой температурой плавления имеют большую прочность при высоких температурах. Например, сплав Sn95 Ag5 при 210 °С менее прочный, чем сплав Sn5 Pb95 при 210 °С, несмотря на большую разницу в значениях прочности, указанных для этих двух материалов (табл. 1).

Металлы увеличиваются в объеме при переходе из твердого состояния в жидкое. Во многих случаях, в том числе и при инкапсуляции компонентов, избыточный стресс, вызванный расширением сплава, может вызвать растрескивание вследствие деформации. Сплав в расплавленном состоянии заполняет эти трещины, что может привести либо непосредственно к поломке этого компонента, либо, в более отдаленной перспективе, вызвать поломку во время эксплуатации. При инкапсуляции старайтесь избегать использования сплавов, которые будут переходить в жидкое состояние при последующих операциях, связанных с повышением температуры.

После того как сплав выбран (рис. 3), необходимо определиться с размером частиц металлов. Таблица 2 дает представление о применимости сплава в зависимости от размера зерна при решении типичных задач нанесения паяльной пасты методом дозирования или через трафарет. Размеры, указанные для выводов в виде крыла чайки, окон трафарета круглого или квадратного сечения и диаметра капли при нанесении методом дозирования, представляют собой минимальные значения, рекомендуемые для этого размера зерна. Если требуются меньшие размеры, то используйте пасту с более мелким зерном.

Использование слишком крупного порошка сплава при дозировании или трафаретной печати — причина многих проблем, ведущих к снижению качества. Применение же слишком мелкого порошка сплава просто будет стоить дороже, чем необходимо.

Выбор типа флюса

Своим современным наименованиям различные типы флюсов обязаны не только собственно особенностям состава, но и практике их использования в промышленности. Выделяют пять основных групп флюсов: R, RMA, RA, NC и WS. Давайте вкратце рассмотрим характеристики каждой из этих групп.

Четыре категории флюсов определяются военными техническими условиями QQ-S-571E. Наименования и сокращения для этих групп:

- Rosin (R) — неактивированный канифольный флюс.
- Rosin или Resin Mildly Activated (RMA) — среднеактивированный канифольный флюс.
- Rosin или Resin Activated (RA) — активированный канифольный флюс.
- Non-rosin или Non-resin (AC) — флюсы без канифоли.

В настоящее время в большинстве случаев аббревиатура AC заменяется на WS — водосмываемые флюсы.

Каждая категория флюсов имеет целый ряд уровней активности с ограничениями, определенными в результате испытаний.

В стандартах IPC (Международной ассоциации производителей электроники) также есть система классификации флюсов. В этой системе для маркировки флюса используются четыре знака в соответствии со стандартом J-STD-004. Они служат для описания продукта в зависимости от типа материала, включая такие категории, как «неорганический» или «на основе канифоли», с указанием примерного уровня активности и содержания галогенидов. Например, паяльная паста, не содержащая галогенидов, на основе канифоли с низкой активностью будет иметь маркировку ROL0. Здесь RO обозначает наличие канифоли (rosin), буква L является маркером активности — низкая (low activity), а цифра 0 используется для определения необнаруживаемых галогенидов.

Кроме того, стандарт IPC ввел новую категорию для флюсов, обозначаемых No-Clean, или NC, — флюс, не требующий отмывки. Эта новая категория флюсов определяется по нелипкому остатку и соответствию требованиям к защитной изоляции поверхностей (Surface Insulation Resistance, SIR) по результатам тестирования с результатом 10^8 Ом.

Каждая категория флюсов может быть вкратце описана путем указания уровня активности, физического количества остатка после оплавления и метода очистки, который должен быть использован для удаления этого остатка.

Rosin (R)

Rosin (R) — неактивированный флюс, содержащий канифоль и растворитель. Этот флюс имеет очень низкую активность и может быть использован только при пайке чистых или легко поддающихся пайке поверхностей. Согласно стандарту IPC, как правило, классифицируется как флюс ROL0. Остаток флюса R твердый, некоррозионный, нетокопроводный и, в большинстве случаев, может не удаляться после оплавления. Удаление остатка осуществляется при помощи соответствующего растворителя.

No-Clean (NC)

No-Clean (NC) — флюс, не требующий отмывки, имеющий в своем составе канифоль, растворитель и небольшое количество активирующих добавок. Флюс NC имеет активность от низкой до умеренной и предназначен для поверхностей, легко поддающихся пайке. Согласно стандарту IPC, как правило, классифицируется как флюс ROL0 или ROL1. Остаток флюса NC прозрачный, твердый, некоррозионный, нетокопроводный и, в большинстве случаев, может не удаляться после оплавления. Удаление остатка осуществляется при помощи соответствующего растворителя. Некоторые, но не все, флюсы NC удаляются сложнее, чем флюсы RMA.

Rosin mildly activated (RMA)

Rosin mildly activated (RMA) — среднеактивированный канифольный флюс, состоящий из канифоли, растворителя и небольшого количества активирующих добавок. Большинство флюсов RMA имеет довольно низкую активность и лучше всего подходят для поверхностей, легко поддающихся пайке. Согласно стандарту IPC, как правило, классифицируется как флюс ROL0, ROL1, ROM0 или ROM1. Остаток флюса RMA прозрачный и мягкий, в большинстве случаев некоррозионный и нетокопроводный. Требования к удалению остатков основаны на степени активности флюса и свойствах поверхностей или компонентов, на которые был нанесен флюс. Многие флюсы RMA проходят тестирование SIR как флюсы NC. Удаление остатка осуществляется при помощи соответствующего растворителя.

Rosin activated (RA)

Rosin activated (RA) — активированный канифольный флюс, имеющий в своем составе канифоль, растворитель и агрессивные активирующие добавки. Флюс RA может иметь активность такую же, как флюс RMA, или выше и используется для поверхностей с умеренной или высокой степенью окисления. Стандартная классификация по IPC — ROM0, ROM1, RON0 или RON1. Остаток флюса RA коррозионный. Все узлы, чувствительные к коррозии или возможной токопроводности, должны быть очищены от остатка флюса как можно скорее после оплавления. Удаление остатка осуществляется при помощи соответствующего растворителя.

Water soluble (WS)

Water soluble (WS) — водосмываемый флюс, состоящий из органических кислот, тиксотропного материала и растворителя. Флюс WS может иметь разную степень активности — от неактивной до чрезвычайно активной — и применяется для наиболее сложных для пайки поверхностей, например нержавеющей стали. Так как флюсы WS имеют широкий спектр активности, то выбор флюса должен происходить на основе данных о коррозионности и токопроводности остатка. Обозначение по стандарту IPC, как правило, начинается с букв OR (organic). Уровень активности обозначается буквами L (низкая), M (средняя) и H (высокая), а содержание галогенидов — цифрами 0 или 1. Согласно наименованию — остаток удаляется водой.

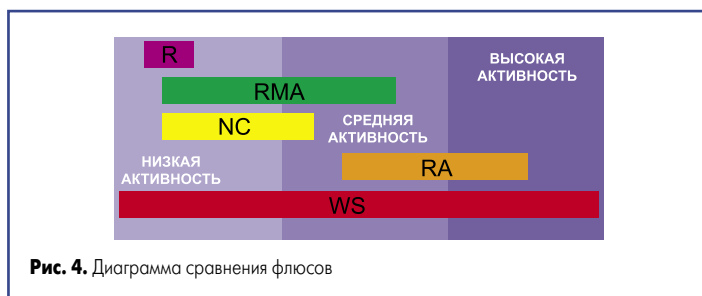


Рис. 4. Диаграмма сравнения флюсов

Таблица 3. Матрица пригодности к пайке

Материал поверхности	RMA	RA	WS	NC	Флюс WS высокой активности
Алюминий	✗	✗	✗	✗	✗
Бериллиево-медный сплав	✓	✓	✓	✓	✗
Латунь	?	✓	?	?	✓
Бронза	?	✓	?	?	✓
Кадмий	✓	✓	✓	●	✗
Хром	Не пригоден для пайки				
Медь	✓	✓	✓	✓	✗
Гальванизированная сталь	✗	●	●	✗	✓
Золото	✓	✓	✓	✓	✗
Ковар	●	✓	✓	✗	✗
Магний	Не пригоден для пайки				
Мягкие сорта стали	✗	●	✗	✗	✓
Монель	✗	●	●	✗	✓
Нихром	✗	✗	✗	✗	✓
Никель	✓	✓	✓	●	✗
Железоникелевый сплав 42	●	✓	●	✗	✓
Мельхиор	✓	✓	✓	●	✗
Палладий	✓	✓	✓	✓	✗
Платина	✓	✓	✓	✓	✗
Серебро	✓	✓	✓	✓	✗
Покрытие из припоя	✓	✓	✓	✓	✗
Нержавеющая сталь	✗	✗	✗	✗	?
Олово	✓	✓	✓	✓	✗
Титан	Не пригоден для пайки				
Цинк	✗	●	●	✗	✓

Примечание.

- ✓ — рекомендуется;
- — смачивает чистые поверхности;
- ✗ — не рекомендуется;
- ? — зависит от состава сплава.

Диаграмма сравнения флюсов (рис. 4) отображает степень активности для каждой категории флюсов и их соотношение между разными категориями. Как видите, зачастую показатель активности для разных категорий одинаков.

Таблица 3 показывает совместимость различных типов флюса с наиболее распространенными металлами. Для таких материалов, как латунь, бронза и нержавеющая сталь, существует достаточно большая вариативность в составе сплава, поэтому каждый сплав должен быть предварительно протестирован с тем флюсом, который вы планируете использовать в производстве.

Специальные характеристики флюса

Последнее, что необходимо обязательно учитывать при подборе паяльной пасты, — это различные специальные характеристики. Два различных по составу флюса могут иметь совершенно разные рабочие характеристики, даже если они одинаково классифицированы по QQ-S-571E и J-STD-004. Паяльные пасты со специальными характеристиками могут помочь решить такие производственные проблемы, с которыми другие пасты не справятся. Ниже мы приведем некоторые характеристики флюса, от которых зависит, насколько качественно паяльная паста будет справляться с поставленной задачей.

Низкая растекаемость

Снижение растекаемости паяльной пасты после нанесения позволит добиться высокой точности контуров дозы. Эта особенность паяльной пасты важна в тех случаях, когда контактные площадки расположены очень близко друг к другу и есть риск, что после оплавления между ними останутся мосты.

Ограничение растекания остатка

Остаток флюса остается либо на припое, либо очень близко к нему после оплавления. Уменьшенный остаток важен, например, тогда, когда используется флюс NC: как правило, в этом случае паяное соединение остается на видном месте, или в тех случаях, когда попадание остатка флюса на соседние поверхности может вызвать проблемы.

Отсутствие галогенидов

Паяльные пасты, не имеющие в своем составе галогенидов, маркируются цифрой 0 в качестве четвертого знака аббревиатуры по стандарту IPC J-STD-004A. Например, ROL0. Галогениды могут содержаться в некоторых активирующих добавках, присутствующих в составе флюса. Они помогают удалить оксиды благодаря своему высокому энергетическому уровню. Галогениды — это материалы, содержащие один из галогенов: хлориды, бромиды, фториды или йодиды.

Малый остаток

Количество остатка флюса после оплавления меньше, чем у обычных паяльных паст. Эта задача может быть решена либо снижением содержания флюса в паяльной пасте, либо за счет большей испаряемости флюса во время оплавления.

Трудно паяемые поверхности

Для трудно смачиваемых металлов или окисленных поверхностей могут понадобиться более активный флюс или дополнительные активирующие добавки, которые позволят улучшить обработку используемых материалов. Старые компоненты, компоненты из сплава 42 и т. п. требуют более тщательного выбора флюса.

Заполнение зазоров или работа с вертикальными поверхностями

Флюсы для этих задач разрабатываются с учетом того, чтобы они удерживали сплав паяльной пасты на месте до тех пор, пока не будет достигнут ликвидус. Эти составы предназначены для заполнения пропусков, отверстий и пайки на вертикальных поверхностях.

Примечание. Они, как правило, не пригодны для образования моста между двумя соседними пустыми контактными площадками на печатной плате вместо резистора с нулевым сопротивлением. Поверхностное натяжение расплавленного сплава слишком высоко, и мост «ломается» из-за отсутствия вертикальных поверхностей, между которыми он может быть протянут.

Ускоренное оплавление

Этот термин используется для описания нагрева паяльной пасты в течение менее чем 5 секунд. Паяльные пасты быстрого оплавления не разбрызгиваются даже при прогреве в течение всего 1/4 секунды. Типичные методы пайки, позволяющие добиться быстрого оплавления, включают лазерную пайку, пайку паяльником с жалом и индукционную пайку.

УФ-отслеживаемые

Добавляется флуоресцентный краситель, чтобы помочь при инспекции с помощью лучей УФ-диапазона. Неоплавленная паяльная паста может быть обнаружена при помощи специальной установки для визуального контроля. Инспектирование после оплавления может производиться как при помощи средств визуального контроля, так и человеком в темной комнате.

Нанесение методом переноса или пайка погружением

Это технология нанесения, при которой припой наносится путем окунания компонента или контакта в паяльную пасту. Тонкий, равномерный слой паяльной пасты должен покрыть погружаемый компонент. Эта техника используется при работе с продуктами, которые не подходят для трафаретной печати или метода дозирования, например корпуса с матричным расположением штырьковых выводов. Пасты для нанесения методом погружения также очень удобны для работы с платами, имеющими сквозные отверстия, в тех случаях, когда паяльной пасты, наносимой методом трафаретной печати для заполнения отверстий, недостаточно ввиду толщины трафарета.

Отсутствие склонности к образованию пор

IPC-7097A — это спецификация для проектирования и сборки BGA. Критерии инспекции для BGA и MicroBGA зачастую требуют, чтобы поры занимали не более 20% площади, а иногда — менее 9% или 4% в зависимости от положения шарика. Для достижения допустимых пределов образования пор для класса 3 используются специальные составы паяльных паст.

Закключение

В статье рассмотрены наиболее часто встречающиеся проблемы, с которыми сталкивается каждый, кто ищет паяльную пасту для своего производства. Помимо этого есть еще целый ряд дополнительных критериев при выборе как сплава, так и флюса, которые остались за рамками этого обзора, но могут иметь огромное значение при выборе паяльной пасты. Поэтому всегда стоит обратиться к поставщику паяльных материалов, чтобы еще раз проверить все требования, специфичные для вашего производства, и убедиться, что вы используете лучшую паяльную пасту.