

Оценка эффективности и стоимости новых видов влагозащитных покрытий

Впервые опубликовано в материалах симпозиума SMTA Pap Pac в январе 2008 года.

Джейсон Кипинг
(Jason Keeping)

Перевод:
Сергей Арсентьев

Выявление воздействующих факторов

Предложен оригинальный метод испытаний влагозащитных покрытий, который оказался более эффективным для получения достоверных результатов качества и надежности влагозащитных покрытий (ВП), а также для оценки влияния качества его выполнения на различных стадиях технологического процесса. В этой статье описано влияние на качество влагозащитного покрытия процессов, предваряющих его нанесение (чистка/нанесение масок) и последующих за ним (инспекция/исправление) [1].

Для новых видов ВП, таких как материалы с УФ-отверждением, или для слаболетучих однокомпонентных органических покрытий в зависимости от их назначения испытания могут включать в себя: стойкость к грибковым образованиям [2], стойкость к термоудару [3], определение влагостойкости [4], электрическую прочность [5], воспламеняемость [6], электрическое сопротивление изоляции [7], адгезию [8], а также испытания в камере соляного тумана и определение механических свойств покрытия.

Предложенная методика испытаний предназначена для контроля выполнения требований по надежности ВП и, в случае необходимости, — для последующей коррекции факторов производства, влияющих на нее. Из-за некоторых ограничений количество таких исследуемых вариантов было ограничено, в основном предложенный метод предусматривает исследование узла с двумя типами чип-компонентов при наличии в ламинате нежелательных пустот (пузырьков).

Для более полной оценки качества влагозащитных покрытий в программу испытаний включено тестирование, измерение и анализ всех сопутствующих процессов. В число исследуемых предварительных и завершающих процессов были включены следующие операции: очистка, нанесение/удаление масок, инспекция и ремонт покрытия (рис. 1).

С ведением контроля описанных процессов становится возможным более достоверная (в плане используемых материалов, процессов и оборудования) оценка применяемых ВП, что позволяет выявить недостатки и выполнить необходимую корректировку процессов производства.

Предваряющие и последующие процессы

Очистка

Первый из рассмотренных факторов — это чистота внешней поверхности. Загрязнение внешней поверхности — наиболее характерная помеха для адгезии и равномерности наносимого ВП. Наличие на поверхности плат или компонентов ионных осадков, жиров, влаги и других загрязнений может привести к коррозии, нарушению адгезии и последующей дефектности ВП. Это может произойти даже при использовании безотмывочных флюсов, особенно если в результате производства или же неполной очистки на элементах рисунка печатной платы (ПП) остаются следы флюса. Чистоту внешней поверхности определяют в соответствии со стандартами IPC-SC-60, IPC-SA-61 и IPC-AC-62 [9, 10, 11]. Лучший способ предотвращения описанных дефектов — это тщательная очистка и сушка поверхностей плат.

В результате тестирований и исследований выявлено 4 вида факторов, влияющих на чистоту поверхности, они включают в себя 11 параметров. Это сборочные материалы, химические вещества, компоненты

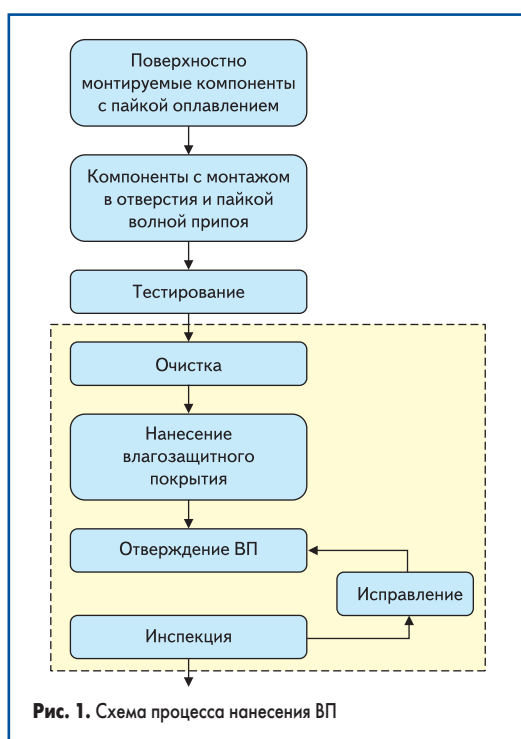


Рис. 1. Схема процесса нанесения ВП

и сам процесс очистки. Различные значения этих параметров в своей совокупности по-разному влияют на чистоту поверхности. Но в данной статье, поскольку мы изучаем технологию ВП, будем учитывать лишь наличие или отсутствие процесса стандартной очистки.

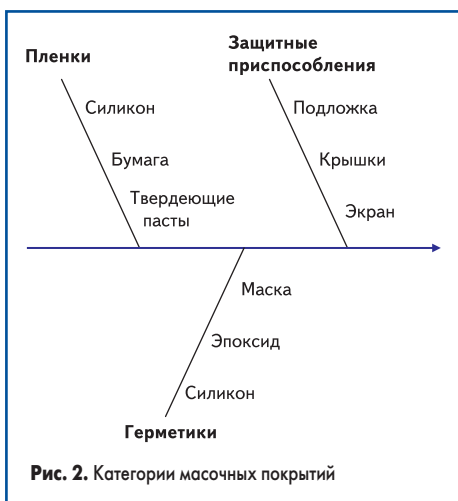
В ходе исследований была обнаружена закономерность: недостаточная очистка плат неизбежно приводит к ухудшению адгезии и качеству нанесения ВП.

Масочные покрытия

Другим процессом, влияющим на качество ВП, является нанесение масочных покрытий, предотвращающих загрязнение элементов рисунка ПП. К материалам масок относят: силиконовые лаки, удаляемые маски и масочные пленки.

Масочные покрытия и ВП должны быть совместимы: некоторые масочные покрытия содержат вещества, несовместимые с ВП, и могут даже препятствовать его термоотверждению.

В ходе исследований было выделено три категории материалов, содержащих 8 отдельных их типов, которые влияют на чистоту поверхности: защитные приспособления, герметики и пленки (рис. 2).



В пределах каждой категории масочных покрытий возможны различные варианты материалов, в частности — в зависимости от их поставщика. В данном исследовании для простоты рассмотрим лишь типичные виды масочных покрытий (рис. 3).

Приведенное сравнение проводится по следующим показателям:

- Легкость нанесения/удаления.
- Точность нанесения ВП.
- Отслоение/ухудшение адгезии ВП после удаления маски.
- Наличие остатков пасты после удаления маски.
- Несмачиваемость возле пленочного материала.

Важно отметить, что в данном исследовании были использованы материалы масочных покрытий, способных к накоплению электростатических зарядов. Поэтому такие маски требуют применения УФ-ионизаторов во время их нанесения и удаления. Эти условия были соблюдены для всех образцов.

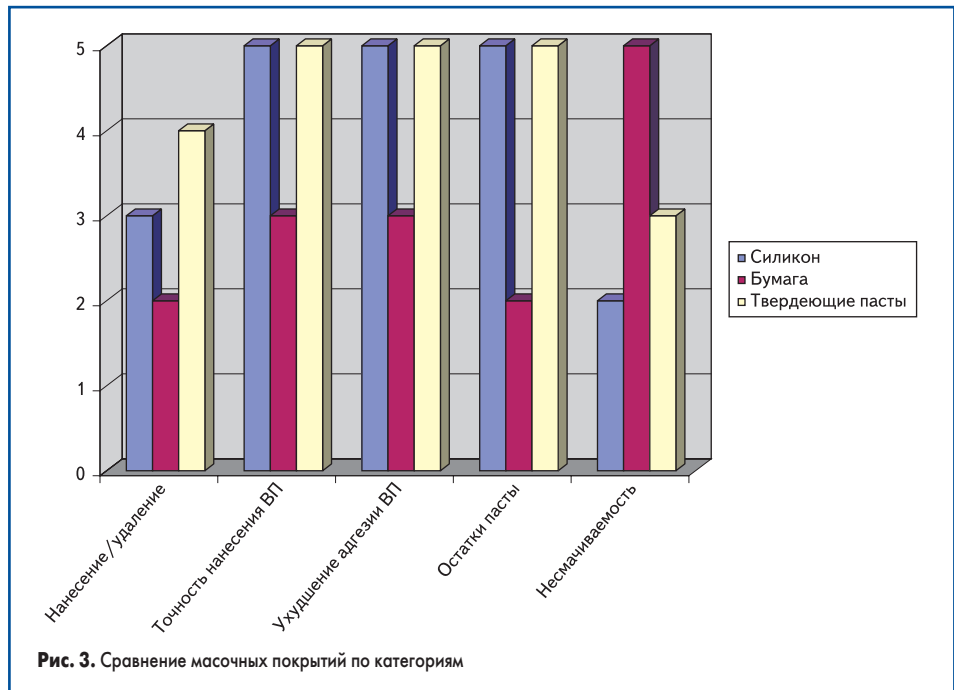


Рис. 3. Сравнение масочных покрытий по категориям

Инспекция/исправление

Третий аспект, учитываемый при подборе и изучении ВП, — инспекция/исправление дефектов.

В отличие от операций очистки и нанесения масок, предваряющих процесс нанесения ВП, инспекция/исправление является составляющим и завершающим процессом. Для успешного анализа и обнаружения дефектов ВП и анализа качества материалов необходимо хорошее освещение. В ходе исследований были опробованы различные источники света, с длинами волн 254–365 нм. Наиболее качественное и безопасное проведение процесса обеспечивается при длине волн 365 нм, независимо от яркости источника (обычная либо ослабленная).

Методика испытаний

Основные требования к испытаниям надежности материалов ВП в производстве изложены в стандарте IPC-CC-830.12. Этот документ можно использовать лишь в качестве начального руководства, так как он не рассчитан на применение в испытаниях, подобных нашим.

Предлагаемая же методика испытаний создана для реализации единой системы применения и инспекции уже существующих и вновь разрабатываемых видов ВП.

Апробирование предлагаемой методики происходило на стандартной ПП толщиной 1 мм со 137 компонентами различных типов. На примере этих типов компонентов были изучены различные параметры и показатели процесса нанесения ВП, а также методы обнаружения возможных дефектов.

В зависимости от типа установленных компонентов в предлагаемой методике было выделено пять категорий поверхности, к которым предъявлены следующие инспекционные требования:

- Капиллярное затекание в пространства между проводниками и последовательно расположенными компонентами.



Рис. 4. Тест-плата для исследования всевозможных вариантов нанесения ВП

- Типы выводов, шаг между ними и расположение (ориентация) компонентов.
- Пространство между компонентами и образование пустот между основанием ПП и нижней поверхностью компонента.
- Подверженность технологических отверстий ПП капиллярному затеканию.
- Точность и аккуратность позиционирования насадок (форсунок).

На рис. 4 представлена тест-плата для исследований перечисленных факторов.

Теперь рассмотрим перечисленные категории инспекции поверхности ПП для каждой из категорий по [2]:

- **Секция 1.** Основным объектом контроля загрязнений являются разъемы и BGA-компоненты. Для предупреждения загрязнения контактов разъемов в ходе волновой пайки их размещают на 2,28 мм за пределами области пайки. Первостепенное значение имеет удаление загрязнений под компонентами BGA после процесса пайки. Инспекция же этих областей сложна или вовсе невозможна. По этим причинам под компоненты BGA часто заранее подливают герметизирующий компаунд.

- **Секция 2.** Здесь проверяется чистота тех же поверхностей и компонентов, однако загрязнения представляют собой остатки флюса после пайки оплавлением либо волной припоя (рис. 5). Очень важна чистота данных компонентов перед нанесением ВП. Иначе, в зависимости от материала ВП, изменяется стоимость и сложность удаления загрязнений, а также может быть нарушен монтаж ПП.

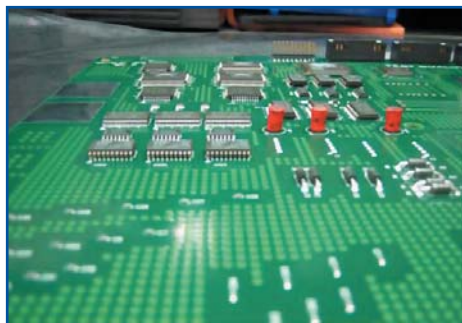


Рис. 5. Выводы различного типа с разным шагом

- **Секция 3.** Для данной категории испытаний основным является поиск загрязнений и контроль материалов масок. При оценке чистоты различных элементов и конфигураций масок намеренно снижают критерии обнаружения флюсовых загрязнений, но более тщательно проверяют материалы масок и ВП (рис. 6).



Рис. 6. Варианты размещения компонентов и расстояний между ними

- **Секция 4.** С учетом других процессов инспекции/очистки (до и после нанесения ВП), для данной категории испытаний необходима только проверка технологических и переходных отверстий на предмет их наполнения частичками посторонних отходов или флюсом, вытекшим в процессе пайки волной или оплавлением (рис. 7).



Рис. 7. Отверстия ПП разного размера

- **Секция 5.** Проверка точности положения насадок (форсунок), определение границ растекания материалов и угла возможного их смещения (рис. 8). Цель данной категории испытаний — исследование точности нанесения ВП. Отсутствие надлежащего

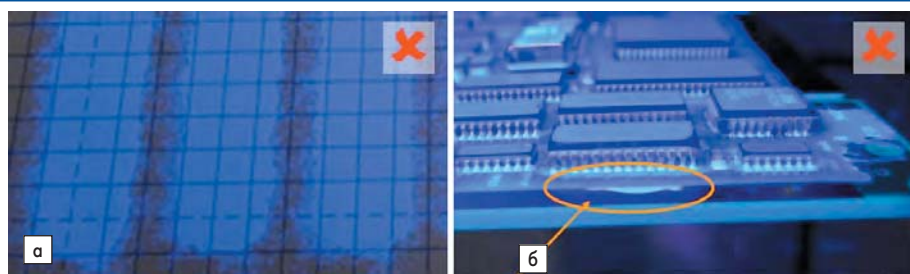


Рис. 9. Калибровка насадок — ширина и структура:

- а) дефект: рисунок ПП расширен нежелательным напылением поверх жидкого материала;
- б) дефект: ширина покрытия превосходит требуемую (попадание ВП на технологические поля ПП)



Рис. 8. Точность и аккуратность позиционирования насадок (форсунок)

контроля может привести к смещению наносимого ВП. Это может быть вызвано некорректным заданием границ нанесения ВП, его перекрытием или даже распылением при нанесении. Некорректное задание границ иногда приводит к проявлению эффекта «собачьей кости» — когда вследствие ограничений рисунка вблизи его границ материал ВП вытекает за них. На рис. 9 показан этот дефект. В данной категории испытаний контроль загрязнений и материалов масок сведен к минимуму «в пользу» других категорий.

Процесс нанесения ВП

Рассмотрев процессы, предвещающие нанесение ВП и последующие за ним, перейдем к изучению требований, необходимых для повышения эффективности затрат производителя ПП в соответствии с условиями заказа.

Материал ВП

Первое необходимое требование — правильный выбор материала ВП. Существующие материалы делят на следующие группы: акриловая смола (AR), уретановая смола (UR), эпоксидная смола (ER) и силиконовая смола (SR). Каждая категория обладает своими достоинствами и недостатками.

Характеристики перечисленных материалов приведены в таблице 1. Эти данные получены из технической документации разных поставщиков (указаны относительные средние значения в %).

Используемое оборудование

Второе требование — выбор оборудования нанесения ВП с учетом необходимости полно-

го покрытия. Рассмотрим два вида оборудования — для селективного или полного покрытия. Оба вида оборудования предусматривают нанесение ВП на проводящие, металлические либо паяные поверхности, однако селективный тип позволяет не наносить ВП на диэлектрические поверхности (непроводящие либо герметичные компоненты) из-за их несмачиваемости. Данное условие определяет выбор типа процесса — либо селективное струйное нанесение ВП, либо его распыление пульверизатором по всей поверхности.

Сравнение оборудования проводилось по следующим параметрам:

- Общая стоимость оборудования.
- Стартовые затраты эксплуатации.
- Длительность цикла процесса.
- Содержание и обслуживание.
- Характеристики системы.

Общая стоимость оборудования

В базовую стоимость оборудования включают требуемые для процесса нанесения ВП инструменты и принадлежности. «Чистая» стоимость установки для нанесения ВП пульверизацией (далее «В») меньше стоимости оборудования сплошного нанесения ВП («А»), однако с учетом стоимости всех требуемых материалов процесс А дешевле. Следует учитывать это при анализе и выборе оборудования, иначе может получиться так, что понадобится больше материалов и инструментов по более высоким ценам.

Стартовые затраты эксплуатации

В качестве данного фактора выступает стоимость производственных площадей, требуемых для размещения оборудования. Ее определяют по их размерам и стоимости квадрат-

Таблица 1. Относительные характеристики материалов ВП

Характеристики	Акрил	Уретан	Эпоксид	Силикон
Простота нанесения	90,0	80,0	70,0	90,0
Продолжительность отверждения	90,0	80,0	80,0	90,0
Срок службы резервуара	90,0	80,0	60,0	90,0
Влагостойкость	85,0	85,0	75,0	90,0
Химическая стойкость	73,3	90,0	90,0	80,0
Износостойкость	80,0	80,0	90,0	80,0
Возможность ремонта	90,0	80,0	65,0	75,0
Термостойкость	80,0	80,0	80,0	90,0
Стоимость материала (\$/кг)	31,14	57,87	69,4	68,55

ного метра площади. В обоих рассматриваемых случаях получаются сопоставимые значения, в случае В стоимость лишь немного выше из-за больших габаритов оборудования.

Длительность цикла процесса

Вследствие различия технологий А и В (селективное и полное покрытие), возникает необходимость выбора единого процесса для их сравнения. В качестве такового возьмем ситуацию, когда в обоих случаях требуется нанесение ВП на всю поверхность печатного узла. В таблице 2 приведены данные по этим технологиям. Отметим, что по сравнению с нанесением ВП пульверизацией (условно — «спрей») стоимость нанесения пленки ВП зависит от разрешения рисунка ПП.

Таблица 2. Сравнение длительности процессов А и В

Процесс	Пленка	Спрей	Влияние на стоимость
Нанесение масок	60	360	×6,0 увеличение
Удаление масок	35	200	×6,0 увеличение
Исправление	5	84	увеличение на 5–15%
Инспекция	60	150	×2,5 увеличение
Длительность цикла (с)	160	794	×5,0 увеличение

Содержание и обслуживание

Производитель по требованию осуществляет регулярное техническое обслуживание того и другого типа оборудования. Более того, в зависимости от процесса определяется длительность обслуживания: А (полное покрытие) требует больше времени, чем В (селективное). Инструмент для содержания оборудования необходимо заказывать заблаговременно.

Характеристики системы

Сравнение процессов селективного и полного нанесения ВП проводилось по ряду показателей (рис. 10). Каждая система продемонстрировала свои плюсы и минусы: технология А имеет четыре высоких показателя, в том числе по контролю и эффективности перекрытия зазоров ВП. Но технология В имеет одно небольшое преимущество: система насадок (форсунок) спроектирована таким образом, что позволяет наносить материал ВП высокой вязкости при помощи операций наклона и поворота. При этом, однако, падают показатели точности нанесения ВП.

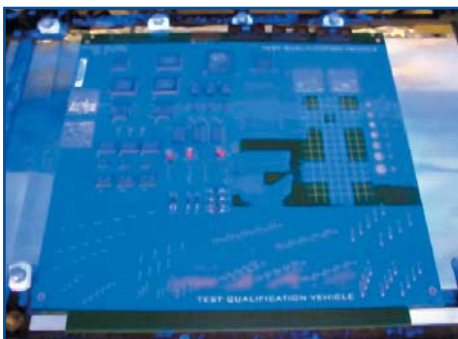


Рис. 11. Исследуемый образец пленочного нанесения ВП

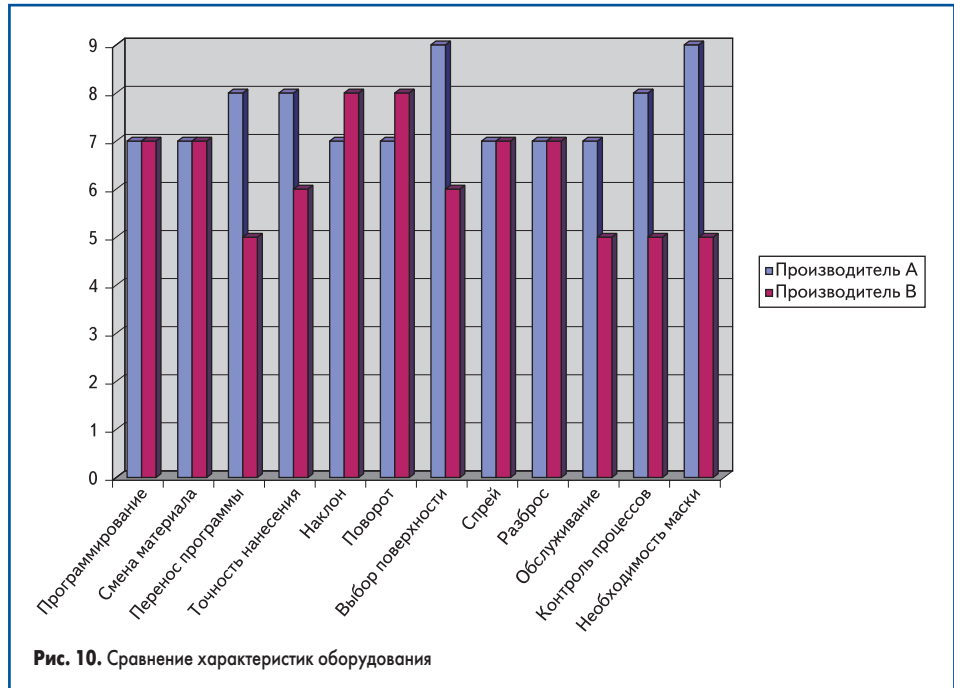


Рис. 10. Сравнение характеристик оборудования

Процедура и результаты

В таблице 3 приведены типы тестируемых материалов ВП. Мы рассмотрим лишь отмеченные символом «×». Таким образом, получается матрица для разных требований к ВП по толщине и выбору материала ВП.

Таблица 3. Возможные сочетания материалов/процессов ВП

Процесс	Нанесение кистью	Автоматический		Обмакивание	Нанесение из газовой фазы
		Пленка	Спрей		
AR	–	×	×	–	N/A
UR	–	–	–	–	N/A
ER	–	–	–	–	N/A
SR	–	–	–	–	N/A
XY	N/A	N/A	N/A	N/A	–

Получаемые в ходе испытаний результаты сопоставляют по типу процесса и/или материала, как это показано далее для сплошного и селективного нанесения акрилового ВП.

Рассмотрим результаты двух тестирований — для селективного нанесения ВП и сплошного его покрытия напылением.

Судя по рис. 11 и таблице 4, в результате нанесения пленочного ВП были получены

Таблица 4. Данные, полученные в ходе исследования пленочного нанесения ВП

Параметры	Несмачивание/Нарушение покрытия (кол-во)			Пустоты (кол-во)			Капиллярные дефекты		Дренаж (отверстия)	Толщина (ср.)		Точность границ рисунка	Комментарии Калибровка насадок/тестирование масок
	1	2	3	1	2	3	Элементы	Выводы		1	2		
Монтаж	1	2	3	1	2	3	Элементы	Выводы	4	1	2		
P6030095	2	3	1	0	0	0	0	0	12	2,335	2,415	0,1	Четкие границы рисунка; избыток материала ВП
P6030082	1	2	2	0	2	0	0	0	12	2,35	2,48	<0,1	Четкие границы рисунка; избыток материала ВП
P6030071	1	1	1	0	0	0	0	0	11	2,43	2,40	<0,1	Четкие границы рисунка; избыток материала ВП
P6030070	5	1	1	0	0	0	1	2	11	2,35	2,40	0,2	Четкие границы рисунка; избыток материала ВП
P6030067	2	5	5	0	2	0	0	0	12	2,36	2,52	0,1	Четкие границы рисунка; избыток материала ВП

четкие, аккуратные его границы и в целом глянцевое покрытие, что характерно для пленок.

Рис. 12 и таблица 5 демонстрируют результат нанесения ВП пульверизацией — нечеткие и непостоянные линии и матовую поверхность. При автоматизации процесса распыления ВП границы наносимого рисунка размываются, однако, с другой стороны, при этом достигается равномерное покрытие сложных поверхностей, материалов и углов.

Сравнивая теперь результаты процессов для пленки и спрея (рис. 13), можно увидеть преимущества и недостатки каждого из них:

- Длительность цикла.** Общая продолжительность цикла напыления ВП в 7,36 раза превосходит продолжительность нанесения пленочного ВП. Таким образом, для небольших объемов производства спрей может заменить пленку по стоимости, однако при большом объеме либо серийном производстве это повлечет дополнительные расходы в связи с ростом площади монтажа, а также размеров оборудования. К тому же, как уже было сказано, процесс распыления ВП требует нанесения дополнительного масочного покрытия, что еще более увеличивает его длительность.



Рис. 12. Исследуемый образец нанесения ВП пульверизацией

2. Несмачивание или отсутствие покрытия.

Площадь областей монтажа без покрытия для процесса пленочного нанесения ВП в 11 раз превышает эту площадь для его спреевого нанесения. Большинство этих дефектов выявляют на стадии обнаружения и устранения брака непосредственно перед окончательной инспекцией монтажа и отгрузкой ПП. В зависимости от требований к покрытию, на исправление таких дефектов может потребоваться дополнительное время.

3. Пузырьки и пустоты. После нанесения ВП пульверизацией пустот в покрытии найдено не было; в пленочном ВП было найдено 4 таковых. С дальнейшей оптимизацией процесса возможно снижение вероятности их образования до нуля.

4. Дефекты капиллярного затекания. Число дефектов данного типа оказалось 297 и 3 для пульверизации и пленочного нанесения ВП соответственно. Основной вывод отсюда — ручное нанесение масок необходимо использовать перед напылением ВП, чтобы в результате ими не оказались покрыты смежные поверхности; для пленочных ВП в ручном маскировании необходимости нет: так будут сокращены расходы на материалы, объем работ и их длительность. Процесс ручного нанесения масок увеличивает общую длительность процесса ВП на 5–30 минут.

5. Дренажные дефекты. Результаты данного наблюдения оказались примерно одинаковыми для обоих типов ВП. Из-за того, что пленочное ВП немного толще напыляемого покрытия, дренаж переходных отверстий с образованием дефектов возникает при их диаметре >0,1 мм, в то время как при нанесении ВП пульверизацией диаметр может быть 0,08 мм.

6. Толщина покрытия. И в том, и в другом случае полученное значение толщины соответствует норме без каких-либо нарушений. Таким образом, можно выделить три основных параметра процессов нанесения ВП: требования к покрытию (несмачивание и нарушение покрытия), толщина и адгезия ВП на

Таблица 5. Данные, полученные в ходе исследования нанесения ВП спреем

Параметры	Несмачивание/Нарушение покрытия (кол-во)			Пустоты (кол-во)			Капиллярные дефекты		Дренаж (отверстия)	Толщина (ср.)		Точность границ рисунка	Комментарии Калибровка насадок/тестирование масок
	1	2	3	1	2	3	Элементы	Выводы		1	2		
Монтаж	1	2	3	1	2	3	Элементы	Выводы	4	1	2		
P6030095	1	0	0	0	0	0	3	60	14	2,33	2,52	N/A	Из-за нанесения спреем нечеткие границы рисунка
P6030082	0	0	0	0	0	0	3	59	14	2,38	2,57	N/A	Из-за нанесения спреем нечеткие границы рисунка
P6030071	1	1	0	0	0	0	3	58	14	2,44	2,42	N/A	Из-за нанесения спреем нечеткие границы рисунка
P6030070	0	0	0	0	0	0	3	60	13	2,35	2,42	N/A	Из-за нанесения спреем нечеткие границы рисунка
P6030067	0	0	0	0	0	0	3	60	14	2,38	2,57	N/A	Из-за нанесения спреем нечеткие границы рисунка

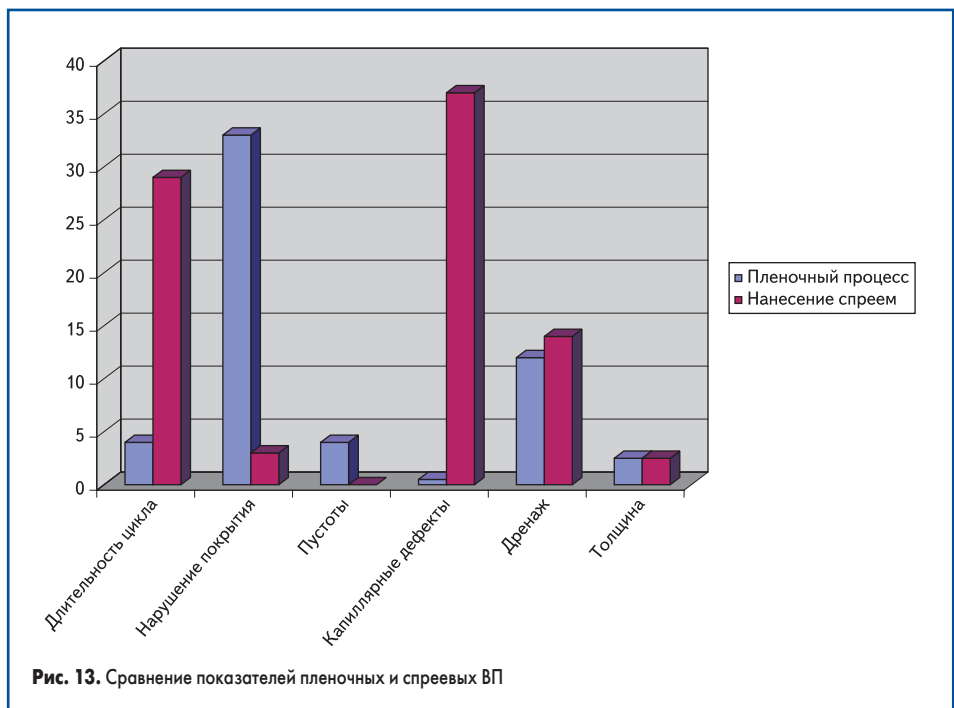


Рис. 13. Сравнение показателей пленочных и спреевых ВП

определенной области монтажа. Надежность процесса достигается путем нахождения и выполнения необходимых значений этих параметров. Результаты исследований этих требований и дефектов сведены в таблице 6.

Характеристики влагозащитных покрытий

Акриловая смола (AR)

Акриловые смолы достаточно просты в применении и быстро затвердевают до нужного состояния. В то же время, они способны долго сохранять свои свойства в ванне. Акриловые покрытия обеспечивают хорошую влагостойкость и, за счет своей слабой экзотермичности, поглощают мало тепла в процессе термоотверждения, предотвращая тем самым повреждение чувствительных к теплу компонентов. Слой их покрытия не уменьшается с испарением растворителей во время термоотверждения. Главным же их недостатком является слабая устойчивость к действию растворителей; однако по этой же причине акриловые покрытия проще исправлять.

Уретановая смола (UR)

Существуют одно- и двусоставные уретановые покрытия; оба вида обеспечивают хоро-

шую влагостойкость и химическую стойкость. Из всех возможных видов некоторые полиуретановые покрытия наносятся проще и быстрее отвердевают, другие же более сложны в применении из-за быстрой потери свойств в ванне. Поэтому, несмотря на хорошие или даже отличные свойства уретановых покрытий, химические и механические методы их исправления достаточно сложны и дороги.

Эпоксидная смола (ER)

Из-за того, что материал эпоксидных покрытий обычно двусоставный, эти покрытия наносятся сложнее, чем другие. Более того, состав эпоксидных покрытий обеспечивает их неплохую влагостойкость и более высокую, чем у остальных типов покрытий, химическую стойкость. Основным же их преимуществом является хорошая износостойкость, что, с другой стороны, усложняет их исправление — химическое удаление эпоксидных покрытий может повредить компоненты с эпоксидным покрытием, а механическое удаление малоэффективно.

Силиконовая смола (SR)

Силиконы — совершенно иной тип влагозащитных покрытий: их главным преимуществом является стойкость к длительным воз-

Таблица 6. Сравнение процессов пленочного и спреевого ВП

Процесс	1	2	3	4	5	6
Пленка	Лучше	-	-	Лучше	Лучше	Лучше
Спрей	-	Лучше	Лучше	-	-	-

действиям высоких температур и термическому расширению. Вдобавок силиконы имеют хорошую влагостойкость и, благодаря своему составу без примесей, способны длительное время сохранять свои свойства в ванне, легко наносятся и быстро отвердевают. К недостаткам силиконовых покрытий можно отнести их износостойкость и сложность исправления. Эта сложность, однако, заключается не столько в удалении покрытия, сколько в полном удалении его остатков.

Заключение

В производстве наиболее сложных электронных модулей, как правило, уже используются оптимальные процессы влагозащиты — предложить единый эффективный для всех методов невозможно. Изложенная в данной статье методика позволяет сравнивать воздействие выбираемых процессов на надежность ВП и составлять программу ее испытаний на предприятии (по примеру IPC-CC-830 [12]).

По данной методике можно сравнивать эффективность применения тех или иных очистителей, материалов масок и ВП, а также используемого оборудования. В частности, были рассмотрены процессы нанесения пленочных и распыляемых ВП и определены преимущества и недостатки каждого из них.

В результате было показано, что для выборочного нанесения ВП применение пленочных покрытий позволит в 7,36 раза сократить длительность процесса, в том числе нанесение масок на 5–30 минут, и сэкономить на стоимости материалов.

Для полного покрытия печатного монтажа при наличии в нем элементов сложной формы лучше использовать процесс пульверизации, так как в этом случае длительность циклов

инспекции и исправления будет уменьшена в 11 раз по сравнению с пленочным ВП.

Литература

1. Keeping J. Process Development and Optimization Using a Newly Designed Conformal Coating Test Vehicle // SMTAI, October 2007.
2. IPC, IPC-TM-650, Test Methods Manual, method 2.6.1.1, Fungus Resistance — Conformal Coating. July 2000.
3. IPC, IPC-TM-650, Test Methods Manual, method 2.6.7.1, Thermal Shock — Conformal Coating. July 2000.
4. IPC, IPC-TM-650, Test Methods Manual, method 2.6.11.1, Hydrolytic Stability — Conformal Coating. July 2000.
5. IPC, IPC-TM-650, Test Methods Manual, method 2.5.7.1, Dielectric Withstanding Voltage — Polymeric Conformal Coating. July 2000.
6. UL, Standard for Tests for Flammability of Plastic Materials for Parts in Devices and Appliances. October 1996.
7. IPC, IPC-TM-650, Test Methods Manual, method 2.6.3.4, Moisture and Insulation Resistance — Conformal Coating. July 2003.
8. IPC, IPC-TM-650, Test Methods Manual, method 2.4.1.6, Adhesion, Polymer Coating. July 1995.
9. IPC, IPC-SC-60, Post Solder Solvent Cleaning Handbook. August 1999.
10. IPC, IPC-SA-61, Post Solder Semi-Aqueous Cleaning Handbook. June 2002.
11. IPC, IPC-AC-62, Post Solder Aqueous Cleaning Handbook. January 1996.
12. IPC, IPC-CC-830B, Qualification and Performance of Electrical Insulating Compound for Printed Wiring Assemblies. August 2002.