

Современная технология нанесения влагозащитных покрытий

В промышленно развитых странах история развития процесса нанесения влагозащитных покрытий на печатные узлы прошла свой путь от нанесения покрытия кистью, погружения и ручного распыления до автоматического селективного нанесения. Появление селективного метода нанесения влагозащитных покрытий стало высокотехнологичным прорывом в данном процессе за все время его существования, вызвавшим огромный интерес производителей электроники по всему миру. В данной статье мы рассмотрим существующие методы нанесения влагозащитных покрытий, связанные с ними проблемы и отметим особенности и преимущества селективного струйного нанесения покрытия.

Кирилл Кушнарев

lines@ostec-smt.ru

Зачем нужна влагозащита?

Как известно, влагозащитные покрытия необходимы для защиты электронных изделий, эксплуатируемых в жестких климатических условиях и подвергаемых воздействию влаги и высокой температуры, пыли и агрессивных химикатов. Влагозащитные покрытия также предотвращают рост дендритов и образование оксидов, приводящих к короткому замыканию и выходу из строя печатного узла. В электронной промышленности существует ряд способов нанесения покрытий, которые эволюционировали от ручных методов до автоматических систем.

Существующие неавтоматические методы

Погружение печатного узла в ванну с материалом. Это один из самых известных и широко используемых методов нанесения влагозащитного покрытия. Однако в этом случае требуется, чтобы конструкция печатного узла предусматривала возможность использования данного метода. Компоненты, на которые не должны наноситься влагозащитные покрытия (разъемы, потенциометры, предохранители и т. д.), требуются защищать. Для защиты могут применяться различные материалы: лента, латекс, защитные колпачки. После полимеризации защитного покрытия маски удаляются. Маскирование достаточно трудоемкий и ресурсоемкий процесс, его сложно назвать удобным и экономичным. И, несмотря на то, что данный способ прост в использовании и не требует больших капиталовложений, такие немаловажные факторы, как неравномерная толщина покрытия по всей площади печатного узла, загрязнение материала, нестабильность вязкости, необходимость маскирования вручную, делают этот метод не способным обеспечить требуемую повторяемость и качество.

Нанесение покрытия кистью — самый простой и на первый взгляд дешевый подход. Данный метод все еще используется в единичном производстве или



при проведении ремонтных работ, но недостатков у него гораздо больше, чем достоинств. Это большая трудоемкость, низкая производительность, различная толщина получаемого покрытия, невозможность использования быстросохнущих материалов, проблема нанесения покрытий под микросхемой. Очень часто в лак попадают волоски кисточки, снижающие влагостойкость изделий. Волоски образуют в покрытии ПУ капилляры — своеобразные насосы для подкачки влаги к поверхности стеклотекстолита.

Нанесение влагозащитных покрытий распылением. Этот метод получил наиболее широкое распрост-

ранение. Сущность его заключается в распылении материала сжатым воздухом на поверхность изделия. Опять же, метод требует маскирования незащищенных участков и не отличается высокой повторяемостью, так как зависит от оператора. Метод не безопасен по отношению к оператору и предъявляет жесткие требования к вентиляции помещения. От 20 до 30% лака не попадает на плату, а накапливается в воздухе, в результате оператору приходится вдыхать пары лака. Данный метод затрудняет нанесение покрытий в тенивые зоны и в первую очередь под корпуса интегральных микросхем.

Новый уровень качества с автоматическим селективным нанесением

Наиболее передовые научные достижения были использованы в разработке оборудования селективного пленочного нанесения покрытий, запатентованной технологии американской компании Asymtek. Высокоточная автоматическая система С-740 выборочно наносит влагозащитный материал на печатный узел, который загружается в автомат вручную или по конвейеру. Преимуществами струйного нанесения являются (табл. 1, 2):

- высокая точность за счет фирменной технологии пленочного нанесения;
- большая повторяемость за счет высокоточных приводов и современных подсистем контроля вязкости, ширины дозируемой струи и т. д.;
- высокая производительность за счет исключения маскирования и проведения дополнительных подготовительных работ;
- большая гибкость за счет простоты создания рабочих программ и перепрограммирования, возможности использования различных модулей и типов однокомпонентных материалов;
- экономичность за счет расходования строго нормированного количества материала;
- исключение процесса маскирования за счет высокой точности нанесения покрытия;
- безопасность — процесс нанесения изолирован от окружающей среды, что предотвращает загрязнение материала и обеспечивает комфорт работы оператора.

Рассмотрим более подробно конвейерную систему селективного нанесения покрытия С-740 американской компании Asymtek (табл. 3).

Модули нанесения

Автомат может оснащаться широким спектром модулей нанесения влагозащитных покрытий. Тип модуля выбирается исходя из материала (тип покрытия, вязкость, толщина покрытия) и особенностей изделия (наличие участков, которые не требуется покрывать, наличие компонентов с выводами под корпусом).

Модули пленочного нанесения покрытия, фирменной технологии компании Asymtek, обладают высокой точностью и наивысшей эффективностью переноса вещества (99% — процент материала, который попадает в заданную область). Такой высокий показатель достигается благодаря направленной подаче материала под давлением через специально

Таблица 1. Достоинства и недостатки методов нанесения покрытий

Метод	Необходимость маскирования	Риск загрязнения	Повторяемость	Изменение вязкости	Чистота процесса	Эффективность переноса материала
Окунание	Да	Высокий	Низкая	Высокое	Низкая	Средняя
Кисть	Малая	Высокий	Низкая	Высокое	Низкая	Средняя
Распыление	Да	Средний	Удовл.	Низкое	Низкая	Низкая
Селективное струйное нанесение	Нет	Низкий	Высокая	Низкое	Высокая	Высокая

Таблица 2. Экономическая выгода автоматического селективного нанесения влагозащитного покрытия

Параметры	Распыление	Селективное струйное нанесение
Потребление в год, л	393	163
Стоимость материалов, \$/л	\$26	\$26
Стоимость годового расхода	\$10 218	\$4238
Вентиляция:		
Площадь охвата, м ²	1,8	0,5
Величина потока, куб.м/мин	57	17
Расход электроэнергии, кВт	1,2	0,4
Стоимость годового потребления электроэнергии	\$869	\$261
Итого:	\$11 259	\$4545
Ежегодная экономия		\$6713

сконструированную насадку, которая обеспечивает ровную плоскую струю, напоминающую пленку. Отсюда и название — «модуль пленочного нанесения». При этом отсутствует смешивание материала с воздухом и его разбрызгивание, присущее методу распыления, для которого эффективность переноса вещества составляет 70–80%, то есть 20–30% расходуется впустую.

Модуль SC-104 относится к рециркуляционным струйным дозаторам и предназначен для пленочного нанесения материалов, требующих поддержания определенной температуры (вязкости). Модуль SC-204 (рис. 1) — нерезициркуляционный, предназначен для пленочного нанесения материалов вязкостью менее 150 сП и позволяет наносить покрытия толщиной 25–200 мкм.

Модули нанесения SC-105 и SC-205 оснащены струйной головкой с пятью степенями свободы. Это позволяет наносить покрытия не только на верхнюю сторону компонентов, но и на боковую, а также под компоненты (рис. 2).

В арсенале системы также имеется SC-300 — модуль, работающий в трех режимах и предназначенный для нанесения материалов (включая силиконовые) вязкостью от 30 до 3500 сП:

- режим струи, применяющийся для нанесения защитного материала, в том числе для узких мест между компонентами или в непосредственной близости от участков печатного узла, которые не должны покрываться защитной пленкой. Толщина покрытий от 125 до 500 мкм;
- режим закрученной струи, используемый при нанесении покрытий (толщиной 100–300 мкм) на печатные узлы с очень высокой плотностью монтажа;
- режим распыления, который следует применять, когда требуется малая толщина покрытия (13–75 мкм) и размеры области нанесения относительно большие.

Таблица 3. Основные технические характеристики системы С-740

Область нанесения покрытия на ПУ, мм	457×400
Повторяемость позиционирования привода по осям X, Y, Z при 3σ, мкм	25
Скорость перемещения по осям X, Y макс./номинал., мм/с	508/381
Скорость перемещения по оси Z, мм/с	203
Операционная система	Windows
Электропитание	220 В, 50 Гц
Площадь основания, мм	917×1041
Масса, кг	295
Соответствие стандартам безопасности	CE



Рис. 1. Пленочный модуль SC-204



Рис. 2. Пленочный модуль с пятью степенями свободы SC-X05

SC-300 идеально подходит для производителей, которые собирают широкую номенклатуру изделий либо которым требуется большой диапазон толщины покрытия.

Для модулей SC-205 и SC-300 существует опция оснащения двойными головками (рис. 3). Это позволяет достичь максимальной производительности и особенно актуально при



Рис. 3. Пленочный модуль с двойной головкой SC-205

нанесении материала на групповые заготовки. Нанесение происходит одновременно из двух головок, расстояние между которыми регулируется от 102 до 227 мм. Головки имеют раздельную регулировку давления подачи.

Автоматический контроль параметров процесса — залог высокой повторяемости

Автоматический мониторинг и контроль дозируемой струи с помощью подсистемы Laser Fan Width Control (рис. 4) сокращает ручную регулировку. Известно, что ширина или диаметр струи зависят от вязкости материала и давления потока. Изменения вязкости материала, вызванные скачком температуры, могут повлиять на ширину струи. С помощью лазерного луча система автоматически измеряет диаметр струи и корректирует значение давления. Таким образом, повторяемость результата процесса остается всегда на высоком уровне.



Рис. 4. Контроль ширины струи с помощью лазерного луча

Чтобы не допустить холостого прохода какой-либо части узлов прежде, чем будет замечено, что закончилась жидкость в резервуаре, необходимо контролировать в нем уровень жидкости. Большинство резервуаров с техническим материалом непрозрачны, то есть оператор не сможет определить, закончилась ли жидкость, не открыв его. Периодическое открывание резервуара — неподходящее решение, так как в резервуар можно занести влагу и грязь. Использование устройств мониторинга уровня материала в резервуаре и датчиков оповещения о низком содержании материала позволит оператору заблаговременно подготовиться к перезаправке емкостей, исключая брак нанесения и простои оборудования.

Программное обеспечение

От качества, простоты и удобства работы с программным обеспечением во многом зависит надежность, эффективность и гибкость всей системы в целом. Одним из ключевых достоинств С-740 является работающее под Windows программное обеспечение Easy Coat (рис. 5), предназначенное для применения в данных системах нанесения влагозащитных покрытий. Обладая привычным интерфейсом приложений под Windows, данное программное обеспечение позволя-



Рис. 5. Программное управление с помощью Easy Coat

ет редактировать параметры нанесения покрытий, а также легко создавать рабочие программы, минимизируя время, требующееся на их подготовку. Например, при создании программы не нужно указывать траекторию движения дозирующей головки, достаточно показать места, где необходимо нанесение, и программа сама выберет оптимальный путь.

Для отслеживания процесса осуществляется мониторинг и сбор статистических данных. Такие этапы, как загрузка платы в рабочую зону, нанесение покрытия, выгрузка платы, а также предупреждающие сигналы и ошибки оператора отображаются на экране и записываются в файл на жесткий диск для последующего анализа.

Пример использования системы С-740 в производстве

Постановка задачи

Селективное нанесение влагозащитного покрытия на печатные узлы в условиях многономенклатурного серийного производства (рис. 6).

Требования:

- размеры печатного узла 110×90 мм;

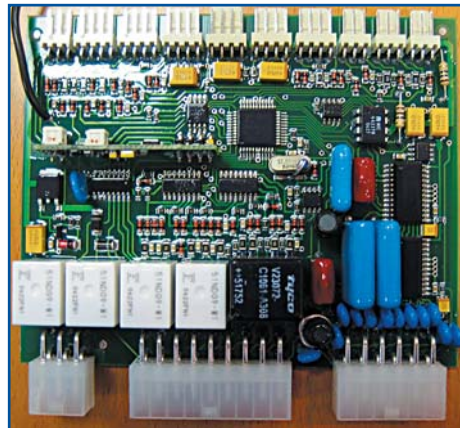
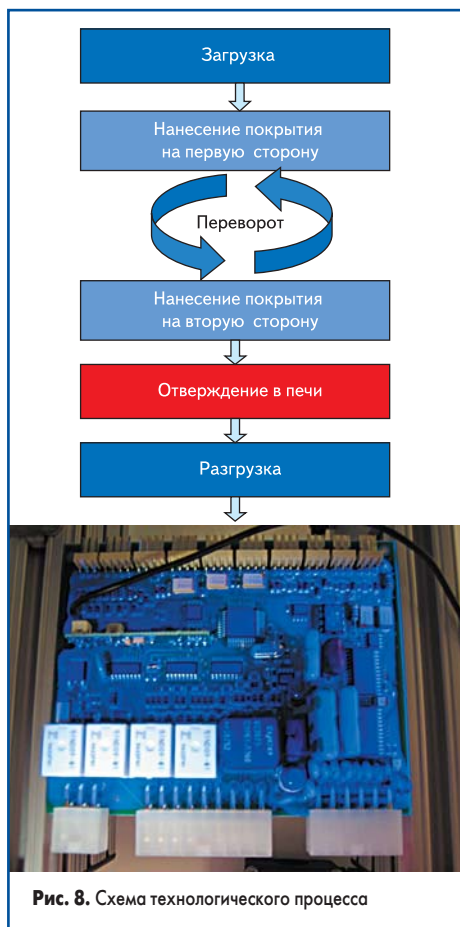


Рис. 6. Селективное нанесение влагозащитного покрытия на высококачественное изделие ведущего производителя автосигнализаций ООО «Альтоника»

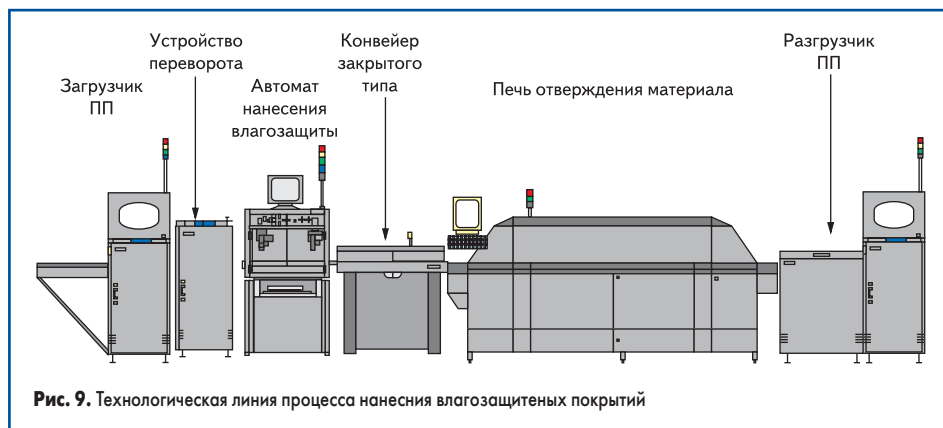
- цикл нанесения влагозащитного покрытия: 1 мин;
 - нанесение покрытия на обе стороны изделия;
 - безопасный однокомпонентный материал с высокими эксплуатационными свойствами.
- Решение:**
- Для нанесения покрытия на обе стороны печатного узла в линию встроено конвейерное устройство для переворота плат — инвертер. Он встраивается до автомата и может работать в следующих режимах:
 - перевернуть плату,
 - вернуть плату из автомата влагозащиты, перевернуть и отправить снова,
 - пропустить плату (если нанесение влагозащитного покрытия не требуется).
 - Несмотря на то, что на узле имеется некоторое количество компонентов, не желательных для влагозащиты, нет необходимости их маскирования. Высокоточное нанесение покрытия в системе С-740 с помощью пленочного модуля SC-205 исключает попадание материала на такие участки платы.



Рис. 7. Типовая линия селективной влагозащиты



- В качестве наносимого материала был выбран Humiseal 1A68 — однокомпонентный полиуретановый материал. При температуре 80 °С время полимеризации составляет 12 мин. Для достижения необходимого уровня защиты печатного узла достаточно нанести один слой покрытия. Все физические свойства лака проявляются после шести дней при комнатной температуре.



- Процесс полимеризации должен занимать не менее 12 мин. Для обеспечения оптимального распределения воздушного потока в печи отверждения расстояние между платами должно быть не менее 50% от длины платы, то есть 55 мм. Таким образом, $12/1 \times (110+55) = 1980$ мм — минимальная длина печи, которая сможет обеспечить полимеризацию материала для данного времени цикла.
- Селективное нанесение наиболее надежно и эффективно в автоматическом режиме в составе линии. Использование загрузчика, разгрузчика и соединительных конвейеров позволяет избежать ошибки операторов и исключить/минимизировать вероятность повреждения плат при перемещении. Следует отметить, что не всегда есть возможность приобрести и выстроить всю линию сразу, хотя это является необходимым с точки зрения качества. Для этого производителем предусмотрена возможность построения линии в несколько этапов. Вот почему при выборе оборудования надо сразу учитывать возможность встраивания каждой единицы в линию.

Заключение

В современных условиях отечественной электронной промышленности возрастает значение технического вооружения и технологических возможностей производства. Эти факторы определяют конкурентоспособность и возможность выживания при нарастающем проникновении западных компаний на российский рынок. В России строится все больше заводов зарубежных автомобильных концернов, у которых традиционно высокие требования к технологическому процессу. Выгодный заказ от транснациональных автопроизводителей смогут получить только те, кто будет соответствовать требуемому технологическому уровню. Описанный в данной статье технологический процесс селективной влагозащиты основан на практическом опыте западных компаний, работающих в автоиндустрии.

Описанное решение успешно применяется при производстве систем связи и специальной техники. Особенно широкое распространение получила данная технология у американских компаний, выпускающих технику специального назначения.