

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 Кушнарёв
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. Также влагозащитные покрытия 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 способов до автоматических систем.

СУЩЕСТВУЮЩИЕ НЕАВТОМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

Одним из самых известных и широко используемых методов нанесения влагозащитного покрытия является погружение печатного узла в ванну с материалом. Однако в этом случае требуется, чтобы конструкция печатного узла предусматривала возможность нанесения этим методом. Компоненты, на которые не должны наноситься влагозащитные покрытия (разъемы, потенциометры, предохранители и т.д.), требуются маскировать. Для маскирования могут быть использованы 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 капиталовло-

жений, такие немаловажные факторы, как неравномерная толщина покрытия по площади печатного узла, загрязнение материала, нестабильность вязкости, необходимость маскирования вручную делают этот метод неспособным обеспечить требуемую повторяемость и качество.

Самый простой и, на первый взгляд, дешевый подход - нанесение покрытия кистью. 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.

Самое широкое распространение получил метод нанесения влагозащитных покрытий распылением. Сущность метода 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, что приводит к вдыханию паров лака оператором. Данный метод затрудняет нанесение покрытий в теневые 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 покрытия, 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:

- Высокая точность за счет фирменной технологии пленочного нанесения.
 - Высокая повторяемость за счет высокоточных приводов и современных подсистем контроля вязкости, ширины дозируемой струи и др.
 - Высокая производительность за счет исключения маскирования и проведения дополнительных подготовительных работ.
 - Высокая гибкость за счет простоты создания рабочих программ и перепрограммирования, возможности использования различных модулей и типов материалов.
 - Экономичность за счет расходования строго нормированного количества материала.
 - Нет необходимости маскирования за счет высокой точности нанесения покрытия.
 - Безопасность — процесс нанесения изолирован от окружающей среды, что предотвращает загрязнение материала и обеспечивает комфорт работы оператора.
- См. таблицы 1 и 2.

Рассмотрим более подробно конвейерную систему селективного нанесения покрытия С-740 американской компании Asymtek.

Рис. 1 Система селективного нанесения покрытия С-740



Таблица 3 Основные технические характеристики системы С-740

Область нанесения покрытия на ПУ, мм	457 x 400
Повторяемость позиционирования привода по осям X, Y, Z при 3σ, мкм	25
Скорость перемещения по осям X, Y макс. / номин., мм/с	508/381
Скорость перемещения по оси Z, мм/с	203
Операционная система	Windows
Электропитание	220В, 50Гц
Площадь основания, мм	917x1041
Масса, кг	295
Соответствие стандартам безопасности	CE

Таблица 1 Достоинства и недостатки методов нанесения покрытий. Источник: ADVANCEMENTS IN CONFORMAL COATING PROCESS CONTROLS Michael A. Reighard and Nicholas A. Barendt. Nercon West, Anaheim, February, 2000

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. Источник: Reighard and Barendt, Conformal Coating Process Controls: The Manufacturing Engineers Aid. APEX 2000 Conference Proceedings, CA, March 2000

Параметры	Распыление	Селективное струйное нанесение
Потребление в год, л	393	163
Стоимость материалов, \$/л	\$26	\$26
Стоимость годового расхода	\$10 218	\$4 238
Вентиляция:		
Площадь охвата, кв.м	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	\$4 545
Ежегодная экономия		\$6 713

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 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%, т.е. 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 (см. рис. 2) — нециркуляционный модуль, предназначен для пленочного нанесения материалов вязкостью менее 150 сП и позволяют 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 (см. рис. 3)!

В арсенале системы также имеется **SC-300** — модуль, охватывающий три режима работы и предназначенный для

Рис. 2 Пленочный модуль SC-X04

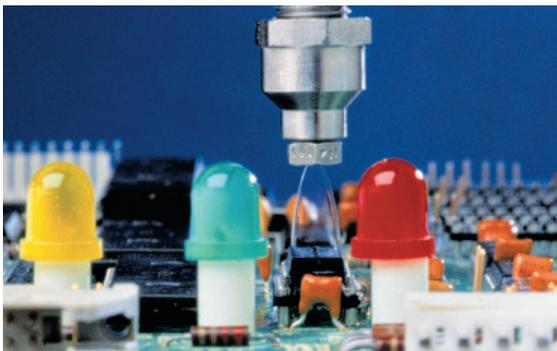


Рис. 3 Пленочный модуль с 5-ю степенями свободы SC-X05



Рис. 4 Пленочный модуль с двойной головкой SC-205

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.

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

Для модулей SC-205, SC-300 существует опция оснащения **двойными головками** (см. рис. 4). Это позволяет достичь максимальной производительности и особенно актуально при нанесении материала на групповые заготовки. Нанесение происходит одновременно из двух головок, расстояние между которыми регулируется от 102 до 227 мм. Головки имеют отдельную регулировку давления подачи.

Пусть контролирует техника

Автоматический мониторинг и контроль дозируемой струи с помощью подсистемы Laser Fan Width Control (см. рис. 5) сокращает необходимость ручной регулировки. Известно, что ширина или диаметр струи зависят от вязкости материала и давления потока. Изменения вязкости материала, вызванные скачком температуры, могут повлиять на ширину струи. Система автоматически с помощью лазерного луча измеряет диаметр струи и корректирует значение давления. Таким образом, повторяемость результата процесса остается всегда на высоком уровне.

Чтобы не допустить, что какая-то часть узлов пройдет вхолостую прежде, чем будет замечено, что закончилась жидкость в резервуаре, необходимо контролировать уровень жидкости в резервуаре. Большинство резервуаров с техническим материалом непрозрачны, то есть оператор не сможет определить, закончилась ли жидкость не открыв его. Периодическое открывание резервуара - неподходящее



Рис. 5 Контроль ширины струи с помощью лазерного луча

программы, а также редактировать параметры нанесения покрытий, минимизируя время, требующееся на подготовку рабочих программ. Например, при создании программы не нужно указывать траекторию движения дозирующей головки, достаточно указать места, где необходимо нанесение, и программа сама выберет наиболее оптимальный путь.

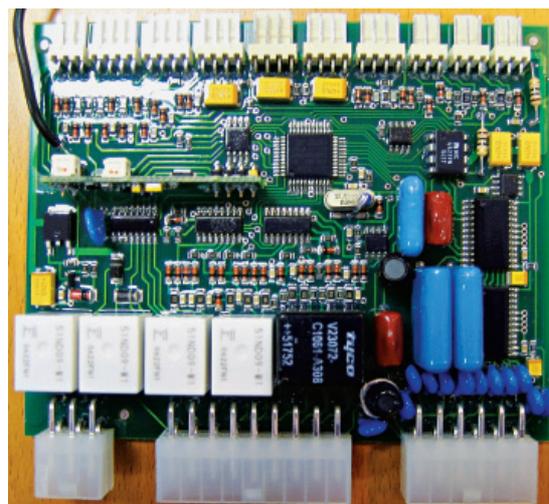
Для отслеживания процесса осуществляется мониторинг и сбор статистических данных. Такие этапы, как загрузка платы в рабочую зону, нанесение покрытия, выгрузка платы, предупреждающие сигналы, а также ошибки оператора отображаются на экране и записываются в файл на жесткий диск для последующего анализа.

ПРИМЕР ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМЫ С-740 В ПРОИЗВОДСТВЕ

Постановка задачи

Селективное нанесение влагозащитного покрытия на печатные узлы в условиях многономенклатурного серийного производства.

Рис. 7 Селективное нанесение влагозащитного покрытия на изделие ведущего производителя автосигнализаций ООО «Альтоника»



Требования:

- Размеры печатного узла 110x90 мм
- 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. Инвертер 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).

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 (см. рис 6), которое было специально разработано для применения в данных системах нанесения влагозащитных покрытий. Обладая привычным интерфейсом приложений под Windows, данное программное обеспечение позволяет легко создавать рабочие

Рис. 6 Программное управление с помощью Easy Coat





- Несмотря на то, что на узле имеется некоторое количество компонентов не желательных для влагозащиты, нет необходимости их маскирования. Высокоточное нанесение покрытия в системе C-740 с помощью пленочного модуля SC-205 исключает попадание материала на такие участки платы.
- В качестве наносимого материала был выбран Humiseal 1A68 - однокомпонентный полиуретановый материал. При температуре 80°C время полимеризации составляет 12 минут. 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 минут. Для обеспечения оптимального распределения воздушного потока в печи отверждения, расстояние между платами должно быть не менее 50% от длины платы, т.е. 55 мм. Для расчета расстояние между платами возьмем, равное 90 мм.
- Таким образом, $12/1 \times (110 + 55) = 1980$ мм — длина печи, которая сможет обеспечить полимеризацию материала для данного времени цикла.
- Селективное нанесение наиболее надежно 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.

Рис. 9
Технологическая линия процесса нанесения влагозащитных покрытий

Стоит отметить, что не всегда есть возможность приобрести и выстроить всю линию сразу, хотя это является необходимым с точки зрения качества. Для этого производителем

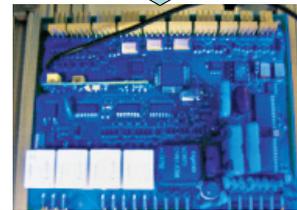
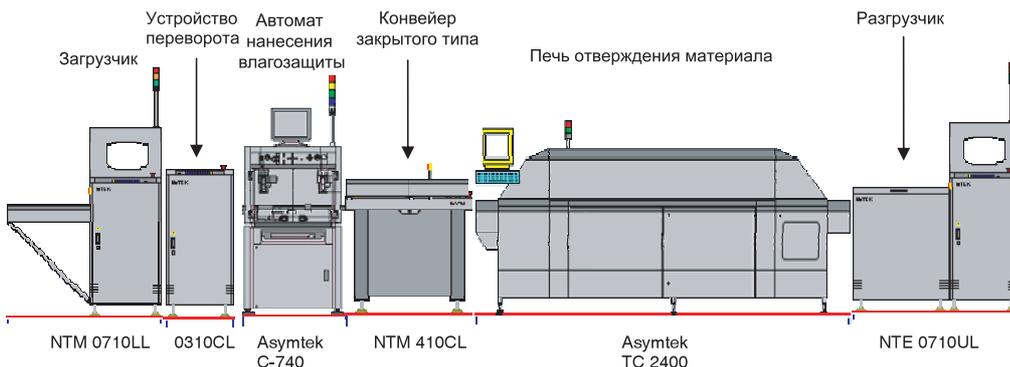


Рис. 8
Схема технологического процесса

предусмотрена возможность построения линии в несколько этапов. Поэтому при выборе оборудования стоит сразу учитывать возможность встраивания каждой единицы в линию.

Заключение

В современных условиях отечественной электронной промышленности возрастает значение современного уровня технического вооружения и технологических возможностей производства. Эти факторы определяют конкурентоспособность и возможность выживания при нарастающем проникновении западных компаний на российский рынок. В России строится всё больше и больше заводов зарубежных автомобильных концернов, которые приходят с традиционно высокими требованиями 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, производящих технику специального назначения.

Мы рады сообщить, что недавно была запущена первая в России линия селективной влагозащиты. Линия запущена на производстве одного из наиболее известных отечественных производителей автомобильной электроники. Более подробно мы расскажем об этом в одном из следующих номеров.