

5 Технология сборки 3D-MID изделий

Для монтажа электронных компонентов на трехмерные носители обычно применяют такие процессы, как **пайка оплавлением припоя и установка на электропроводящий клей**. Первый этап в пайке оплавлением припоя является нанесение паяльной пасты на площадки печатных проводников (рисунок 5.1). Затем электронные компоненты устанавливаются на эти участки припоя. После этого модуль с электронными компонентами нагревают в печи оплавления, где частицы припоя плавятся, и расплав растекается по контактным площадкам компонентов и печатных проводников. Модуль остывает, и между монтажным основанием и электронными компонентами образуется токопроводящее соединение.

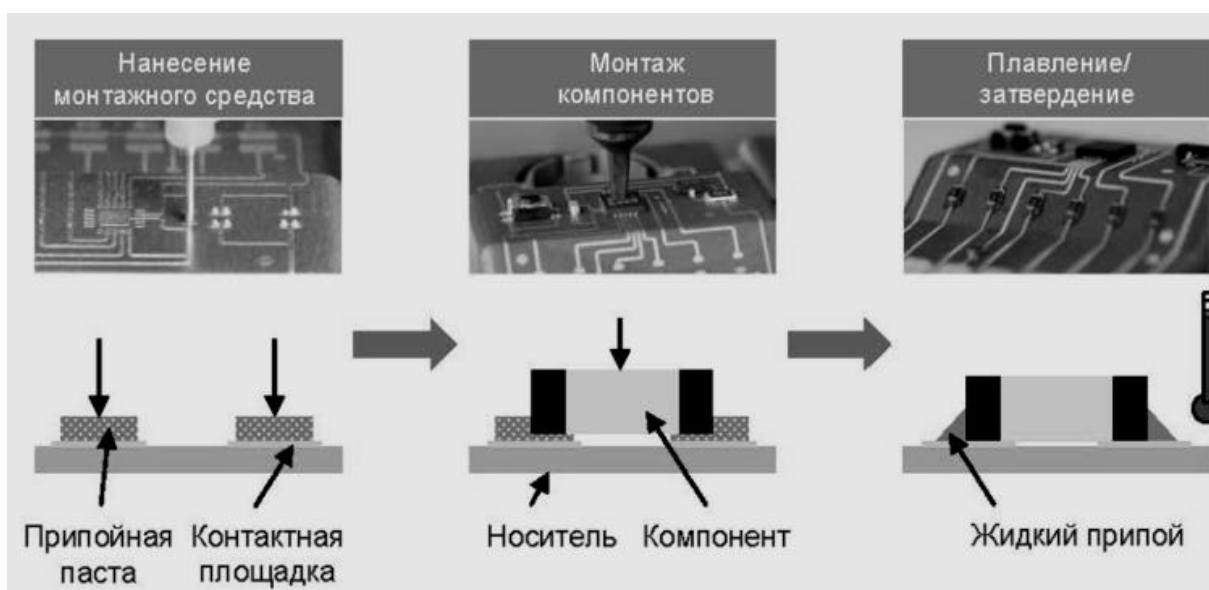


Рисунок 5.1 – Схема сборки оплавлением припоя и установки на электропроводящий клей

Этапы процесса электропроводящего склеивания отличаются от этапов процесса пайки оплавлением припоем. **Электропроводящий клей** наносится на площадки монтажных оснований посредством традиционной печати. После монтажа электронных компонентов клей твердеет. Трехмерная форма монтажных оснований предъявляет высокие требования к нанесению монтажного средства и монтажу компонентов, особенно в рамках процесса автоматизации.

Геометрическая форма и степень сложности схемы соединений оказывают сильное влияние на автоматическую сборку MID-изделий. Наибольший интерес в плане функционального интегрирования и миниатюризации модуля в целом представляют 3D-изделия со сложной трехмерной формой, но требования, предъявляемые к процессу их сборки, высоки. Следовательно, роботы, которых обычно используют для нанесения паяльной пасты и монтажа компонентов на сборочной линии печатных плат,

либо совсем не подходят для производства MID-изделий, либо подходят лишь условно. Проектировщики производственных систем должны осознавать трудности, характерные для сборки 3D-изделий, чтобы обходить их подходящими и надежными для производства трехмерных MID-изделий способами.

MID изделия можно классифицировать по различные геометрические виды по основе трехмерной конструкции базового основания и схемы печатных проводников. У оснований есть одна или несколько поверхностей с печатными проводниками, на которые наносят монтажное средство и монтируют электронные компоненты (рисунок 5.2). Эти **поверхности называются рабочими**.



Рисунок 5.2 – Расположение рабочих поверхностей в 3D MID изделии

Традиционные печатные платы плоские, следовательно, все поверхности, на которые наносят монтажное средство и монтируют компоненты, плоские. У монтажных оснований размерности 2D и выше есть одна плоская поверхность или несколько параллельных поверхностей, а также структурные элементы, расположенные по оси Z. Класс 1A характеризуется одной плоской поверхностью с 3D-элементами на обратной стороне. Такое расположение не влияет на процессы печати и монтажа. Зато параметры MID-изделий класса 1B и выше оказывают влияние на сборочный процесс. У изделий класса 1B имеются геометрические элементы на рабочей поверхности, а у изделий класса 1C есть несколько параллельных рабочих поверхностей. В наибольшей степени на процесс монтажа влияют параметры монтажных оснований размерности $n \times 2D$ и выше, так как они состоят из нескольких плоских поверхностей, расположенных под различными углами друг к другу.

Монтаж компонентов на трехмерные основания

При автоматическом размещении электронного компонента в технологии поверхностного монтажа (SMD-технологии) для снятия компонента с подающего устройства используют зажимный инструмент, обычно вакуумный захват. Затем эти компоненты переносятся к их месту назначения с помощью портальной рамы и монтируются на контактные площадки монтажного основания, которые заранее покрывают паяльной пастой или электропроводящим клеем. Как только компоненты установлены, необходимо провести выравнивание компонентов с тем, чтобы установить контактную поверхность компонента под прямым углом к рабочей поверхности основания (рисунок 5.3). Если компонент смонтирован так, что его контактная поверхность не перпендикулярна рабочей поверхности основания, существует большая вероятность отклонения и плохой подгонки компонента. Неровное соединение может привести к вытеканию некоторого количества паяльной пасты из участков контактной площадки и к некачественному паяному соединению.

Когда для поверхностного монтажа компонентов на печатные платы используются традиционные аппараты, направление контактной поверхности компонента всегда перпендикулярно к рабочей поверхности. Следовательно, для монтажа необходимо четырехосное соединяющее направление, состоящее из трех линейных и одной вращательной степеней свободы.

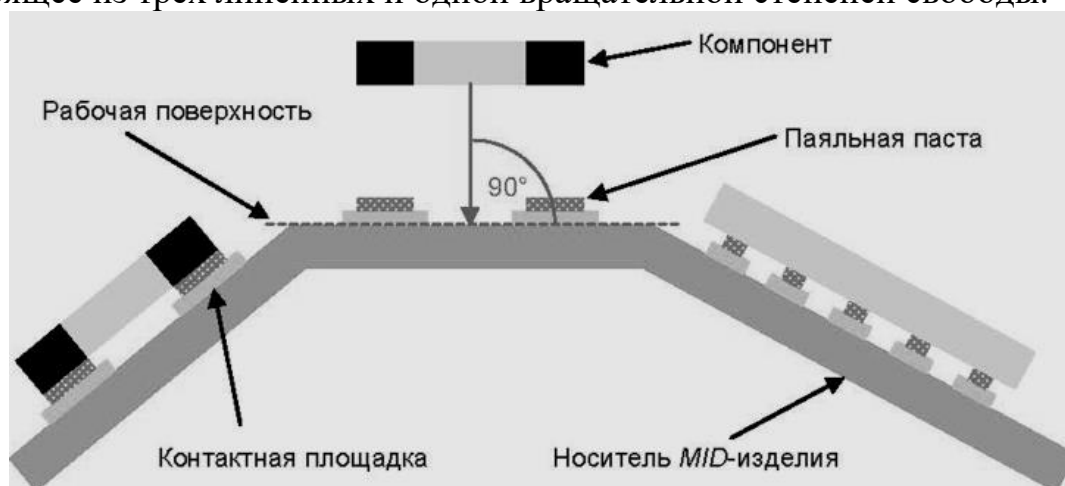


Рисунок 5.3 – Монтаж электронных компонентов на рабочую поверхность носителя под прямым углом

Однако 3D MID-изделия, как правило, имеют несколько рабочих поверхностей различных направлений и требуют соединяющее направление, состоящее из шести степеней свободы. То есть для выравнивания двух объектов при монтаже компонентов на MID-изделие в трех плоскостях необходимо большее количество степеней свободы, чем в SA/T-технологии.

Как показано на рис. 4.4, есть две категории для сборочных роботов, обладающих 3 D-способностью для дозирования монтажного средства и

монтажа компонентов: для изделий размерности 2D и 2xD необходим монтаж на горизонтальной поверхности или на нескольких параллельных поверхностях. Для оснований сложной геометрической формы (//x2D и 3D-A//7) необходим монтаж компонентов на нескольких поверхностях: на расположенных под углом друг к другу, на рщулярных или на поверхностях свободной формы. Прецизионный монтаж компонентов на МП)-изделия требует точного расположения монтажного основания.

2D	2½ D			n × 2D	3D	
0	1A	1B	1C	2	3A	3B
Монтаж на одну горизонтальную или несколько параллельных поверхностей				Монтаж на несколько наклонных поверхностей или поверхности свободной формы		

Рисунок 5.4 – Требования к способности дозирования монтажного средства и монтажа электронных компонентов в трех измерениях для сборочных роботов

Для этой цели можно использовать геометрические элементы печатных проводников (например, углы контактных площадок), а также дополнительные контрольные или реперные метки, которые имеют форму круга или креста. Эти метки используются для определения местоположения рабочей поверхности с помощью камеры. В идеале расположение MID-изделия определяется в трех плоскостях, то есть высоту можно измерять одновременно с боковым смещением по оси x и y.

Конструкция монтажного основания должна обеспечивать доступ дозатора к точкам нанесения паяльной пасты и доступ монтажного инструмента к точкам поверхностного монтажа (рисунок 4.5). Точкой монтажа в большинстве случаев является центр компонента. Точки дозирования находятся внутри контактной площадки компонента. В автоматизированном производстве важно не допустить столкновения модуля с инструментами дозирования и монтажа. Это, в свою очередь, требует наличия необходимого зазора между компонентом и стенкой со всех сторон, чтобы исключить контакт инструмента (дозирующей или монтажной головки) со стенкой. Ввиду этого необходимо соблюдать максимальный

предел высоты стенки. Высота стенки и высота компонента определяют ход инструмента по оси z . Другой важный момент — это механическая прочность связи, удерживающая компонент на месте.

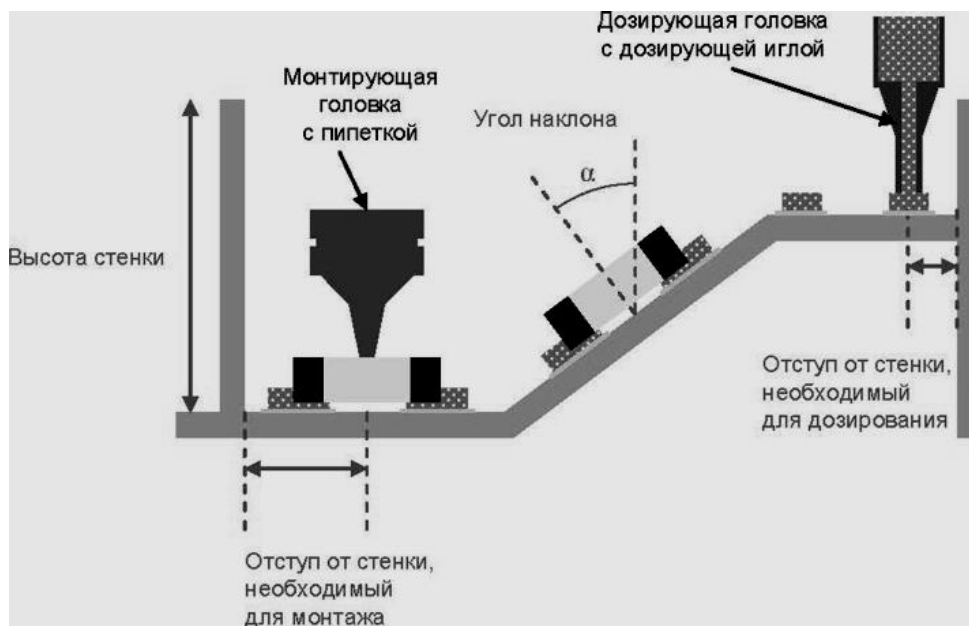


Рисунок 4.5– Доступ к участкам монтажа электронных компонентов и дозирования

Первоначально компоненты, размещенные на жидкую припойную пасту или электропроводящий клей, закреплены недостаточно прочно. Паяльная паста или электропроводящий клей обеспечивают определенную прочность фиксирования в жидком состоянии, но крупные и тяжелые компоненты не держатся прочно на монтажном основании, особенно если у них маленькая площадь контактной поверхности с ним. Фиксирование материалов происходит только после того, как затвердеет клей или расплавится и затвердеет припой. Лишь после этого компоненты прочно закреплены на месте. Во время сборочного процесса модуль подвержен воздействию внешних нагрузок. Например, вращение модулей вызывает ускорение, которое может привести к смещению или расшатыванию компонентов. Другими воздействующими на компоненты силами являются вес, действующий, когда поверхности расположены под углом, и колебания, возникающие не только во время транспортировки, но и во время пайки оплавлением припоя и в процессе отверждения клея. Допускается незначительное несовпадение точек, но монтаж компонентов в неправильном положении неприемлем.

Склеивание является одним из способов крепления компонентов на АШ)-изделия. Процесс, известный как закрепление на месте, заключается в том, что нанесенный заранее клей твердеет, в то время как компонент все еще удерживается на месте захватом. Это надежно закрепляет компонент на

месте сразу после того, как он был помещен на паяльную пасту. Используемые для этой цели адгезивные системы должны твердеть очень быстро, чтобы не удлинять производственный цикл.

Альтернативой является применение электропроводящего клея, который автоматически фиксирует компонент, а также устанавливает необходимые электрические связи.

Автоматизированная сборка

Общие требования, которые предъявляют к автоматизированным системам для экономичности и надежности сборки МІD-изделий, близки к требованиям для производства электронных модулей на печатных платах:

- быстрое позиционирование компонентов и дозирование монтажного средства для высоких уровней производительности и коротких производственных циклов;
- достаточная точность монтажа монтажных механизмов;
- достаточная точность дозировки (относительно позиции и количества) для нанесения монтажного средства;
- способность обрабатывать различные компоненты (размеры компонентов, контактные сети, размеры контактов компонента);
- высокая производительность сборочных машин.

Процесс изготовления МІD-изделия дольше, чем процесс изготовления традиционных печатных плат, поскольку все время необходимо учитывать размещение рабочих поверхностей.

Трафаретная печать

В производстве электронных модулей трафаретная печать является наиболее распространенным методом нанесения паяльной пасты. Металлический трафарет размещают на заготовке монтажного основания. Отверстия в трафарете совпадают с местами, где на плату будут нанесены участки паяльной пасты. Над трафаретом проходит лезвие ракеля, которое заполняет отверстия паяльной пастой. Когда трафарет поднимают, участки паяльной пасты остаются на плате (рисунок 5.6). Все участки паяльной пасты на плате наносят в рамках одного этапа, что приводит к высокому уровню производительности.

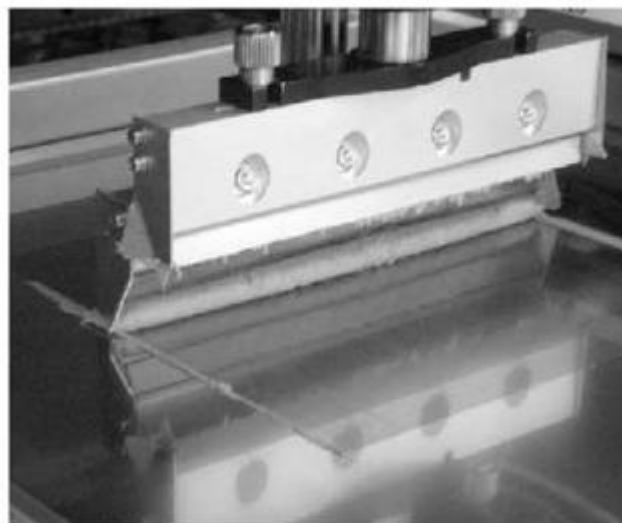
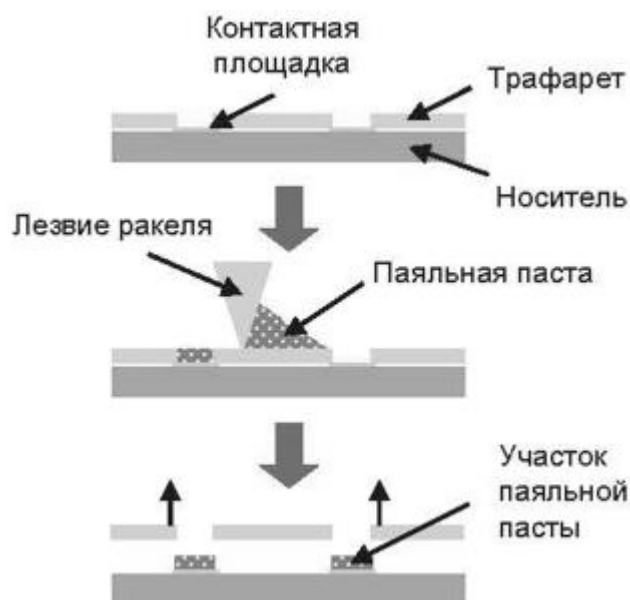


Рисунок 5.6– Нанесение паяльной пасты трафаретной печатью на монтажные основания

Дозирование

Дозирование является широко используемым и универсальным методом нанесения паяльной пасты, токопроводящего клея, клея для поверхностного монтажа компонентов и других средств. Необходимое количество средства последовательно наносится на заготовку с помощью специального распределительного клапана. Средство, которое находится в картридже, точно дозируется с помощью распределительного клапана и точно наносится иглой на соответствующее место (рис 4.7). Важной характерной чертой процесса дозирования является гибкость исправления изменений в схеме соединений. Высокоточное дозирование с ультранизкими дозами впрыска средства необходимо для развития миниатюризации структур проводников.

Факторами, влияющими на качество дозирования, являются размерность иглы, ее внутренний диаметр, время дозирования, время ожидания, температура и угол дозирования. Для получения аккуратной печати рисунка важны точное расположение конца иглы на определенном расстоянии от поверхности носителя, а также точная регулировка количества дозируемого средства. Клейкость, состав и температурная устойчивость монтажного средства оказывают существенное влияние на процесс. Угол дозирования должен быть перпендикулярным к рабочей поверхности, но если монтажным средством является паяльная паста, возможен практически любой угол к поверхности ввиду тиксотропных свойств пасты.

Двумя наиболее часто используемыми видами распределительного клапана являются поршневой и винтовой дозаторы. На количество средства,

наносимого с помощью поршневого дозатора, влияют давление и время дозирования. Количество можно также регулировать изменением внутреннего диаметра иглы, изменением времени или давления дозирования. Двумя характерными свойствами поршневого дозатора являются простота конструкции и легкость в эксплуатации.

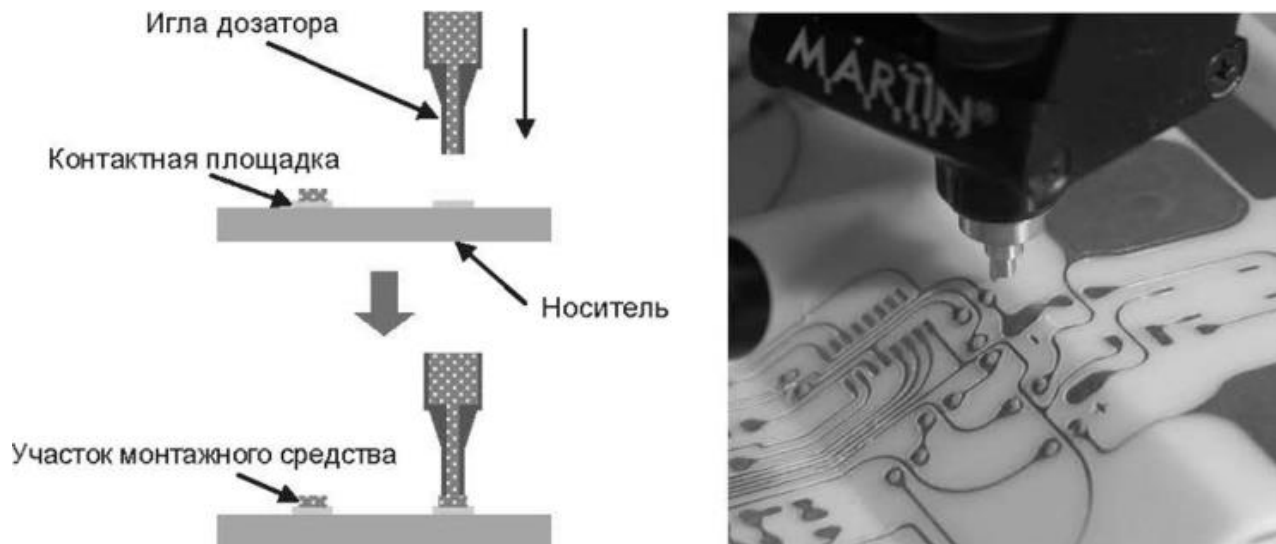


Рисунок 5.7 – Система дозирования монтажного средства на MID-изделие

Винтовой дозатор определяет количество дозируемого средства посредством поворота хода винта. Вращение винта вытесняет печатное средство из клапана. Количество дозируемого средства в этом случае зависит от угла вращения винта. Следовательно, количество дозируемого средства можно регулировать винтовым дозатором со значительно большей точностью, чем поршневым, особенно при малых дозах пасты.

Струйная печать

Струйная печать является бесконтактным методом нанесения монтажного средства (рисунок 5.8). Дозирование происходит под действием поршня, который выталкивает средство из резервуара. Выдержанные по времени выдвижение и возвращение поршня регулируют дозируемое количество при каждом ходе с высокой точностью. Количество толчков определяет общее количество дозируемого средства. Средства, содержащие добавки, могут привести к забиванию струйных головок. Например, если монтажным средством является паяльная паста, то паяльные частицы могут вызвать забивание. Для паяльных паст характерна возможность отделения частиц от пасты и их уплотнения внутри струйной головки. Это может привести к значительным затратам в уходе и обслуживании.

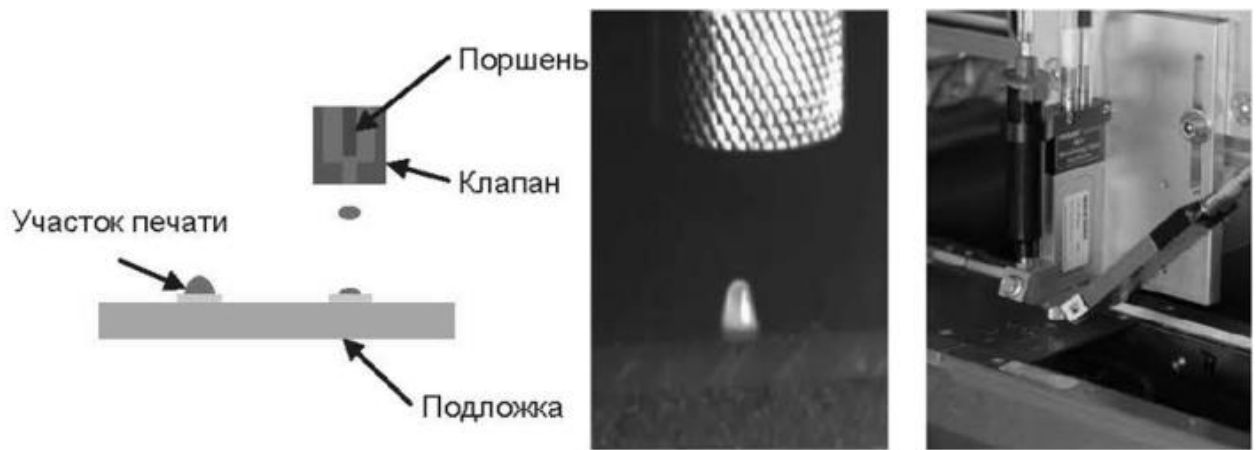


Рисунок 5.8– Бесконтактное нанесение монтажного средства струйной печатью

Монтаж компонентов

Следующим этапом за нанесением монтажного средства является размещение электронных компонентов. Текущие достижения в области MID-технологии и растущее число серийных приложений привели к появлению на рынке разнообразия производственных систем для автоматизированной сборки 3D MID-изделий. С точки зрения реализации 3D-сборки все эти системы удовлетворяют основному требованию: контактная поверхность компонента должна быть перпендикулярна рабочей поверхности. Системы достигают этого путем увеличения числа степеней свободы и применения приводов в различных кинематических вариантах (рисунок 5.9).

Различия между этими кинематическими вариантами можно представить следующим образом:

- на протяжении всего процесса размещения монтажное основание неподвижно, а компоненты вращаются, позиционируются и монтируются;
- монтажное основание вращается и позиционируется, а компоненты монтируются.

В качестве примера на рисунке 5.10 показано, как компоненты размещены в кинематическом варианте с движущимся монтажным основанием. Рабочую поверхность приводят в такую позицию, в которой на нее можно вертикально размещать компоненты. После того как все компоненты были размещены на одной рабочей поверхности, MID-изделие позиционируют заново и компоненты размещают на следующей рабочей поверхности.

Выбор сборочного решения зависит в первую очередь от продукта и трехмерной структуры 3D-изделия. Количество, расположение и тип степеней свободы определяются количеством и расположением рабочих поверхностей и количеством электронных компонентов для монтажа.

Монтажное основание,
неподвижное



Позиционирование
монтажного основания

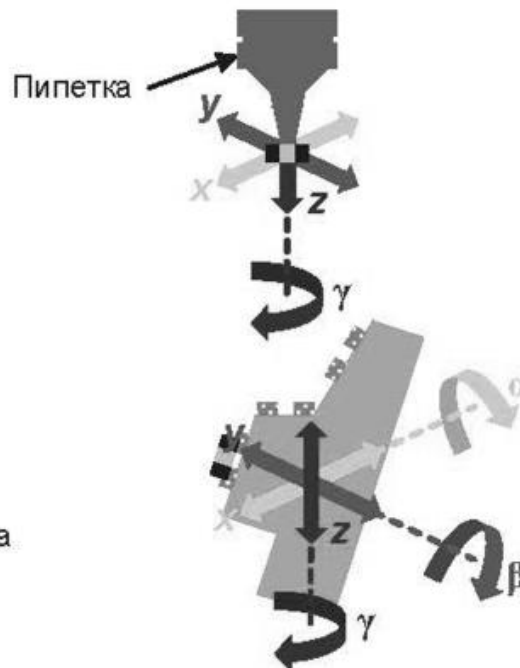


Рисунок 5.9 – Кинематические варианты с неподвижным или подвижным монтажным основанием

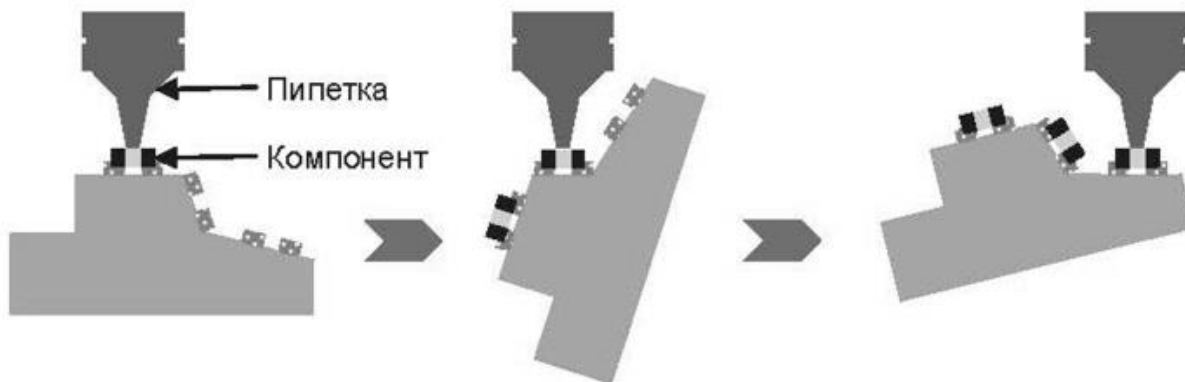


Рисунок 5.10 –Размещение электронных компонентов на МПД-изделии с горизонтальным позиционированием рабочих поверхностей

В свою очередь это означает, что между механизмами можно провести следующие различия:

- вид кинематики: промышленный робот, порталная рама по декартовой системе координат или отдельные кинематические схемы;
- число степеней свободы;
- применение степеней свободы для монтажного основания и/или компонент для монтажа;
- тип степеней свободы: оси линейного перемещения или вращения;

- обрабатываемые классы MZD-изделий;
- максимальные размеры монтажных оснований;
- максимальный диапазон перемещения по осям, точность позиционирования.

Если не вдаваться в подробности, машины имеют почти такое же периферийное оборудование, как и механизмы для поверхностного монтажа. Они могут быть соединены с подающими устройствами для компонентов как общих типов поверхностного монтажа, так и специальных (например, бескорпусным кристаллом). Для всех видов пакетов имеются захватывающие механизмы. Большинство этих механизмов представляют собой варианты вакуумного захвата. У роботов есть необходимые интерфейсы и конвейерные ленты для интеграции в производственные линии.