

Критерии выбора автоматов установки компонентов

В последнее время все чаще руководители российских предприятий задумываются над приобретением современного высокопроизводительного оборудования для сборки электронных модулей по технологии поверхностного монтажа. Достаточно широкая гамма автоматов установки монтажа представлена на российском рынке, рекламные буклеты изобилуют информацией о скорости автоматов, точности позиционирования, возможностях и т. д. На первый взгляд все характеристики просто потрясающи, в действительности же они часто противоречат друг другу либо попросту несовместимы, а иногда и не соответствуют действительности. Автор этой статьи хотел бы рассказать о некоторых подводных камнях, ожидающих технологов и инженеров при первой встрече с подобным оборудованием.

Станислав Борисенков

svb@elserv.ru

Основные параметры, на которые обращают внимание, — скорость установки и точность позиционирования — содержат в себе множество дополнительных вопросов: точность и скорость для каких компонентов? Точность при скольких σ (сигма)? Каковы условия проведения испытаний? Если со скоростью монтажа разобраться несложно, то адекватно представить понятие «точность позиционирования» удастся не сразу.

Условия проведения испытаний — один из важнейших вопросов. Данные, указываемые в рекламных буклетах, как правило, соответствуют «оптимальным условиям», которые бывают достаточно далеки от условий реальных производств. Рассмотрим несколько факторов, влияющих на точность автоматов монтажа.

Конструктивные особенности

База, станина — та основа, к которой крепятся все элементы машины. Многие задаются вопросом:

почему автоматы столь массивны (средний вес от 1,5 тонн)? Основная причина — стремление к уменьшению возможных вибраций и увеличению жесткости автомата. Комментарии, зачем это нужно — излишни, высокая вибрация и точность позиционирования — понятия несовместимые. Станина должна обладать высокой жесткостью для уменьшения вероятности возникновения прогиба и массивностью для уменьшения температурных короблений при частом и быстром перемещении каретки.

Созданию и проработке конструкции рамы автомата производители уделяют огромное внимание, все элементы рам проверяют на прогиб, кручение, растяжение и сжатие. По результатам испытаний строят схемы нагружения и модернизируют конструкции (рис. 1, 2). Проверяют воздействие повышенных температур на несущие поверхности и направляющие при перемещении головки.

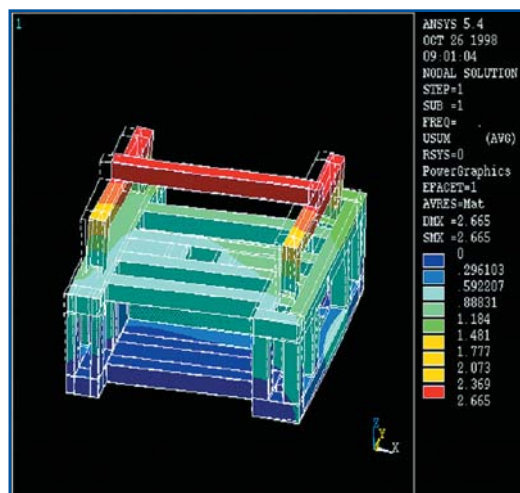


Рис. 1. Вибрационный анализ

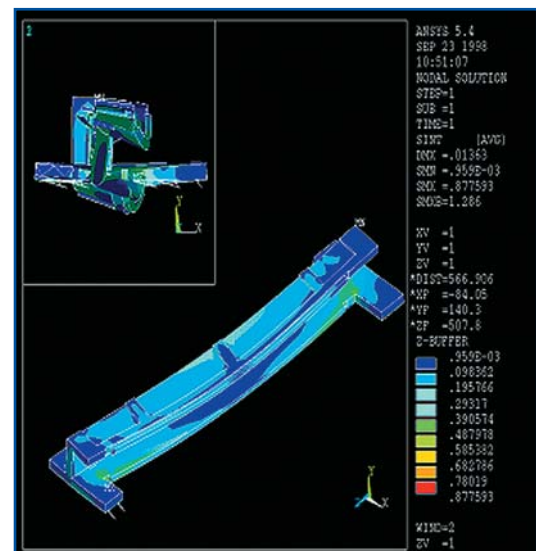


Рис. 2. Анализ распределения нагрузок

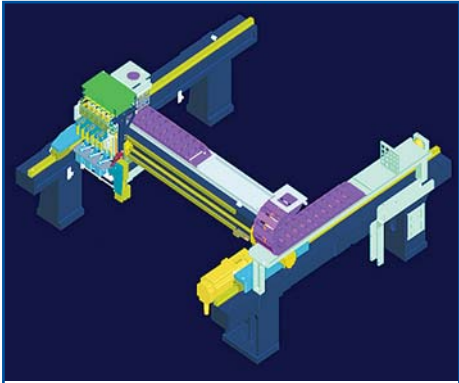


Рис. 3. Одноприводная система



Рис. 4. Двухприводная система

Привод перемещения. Сегодня наиболее часто используемый привод — сервопривод с обратной связью и быстроходная шариковинтовая пара для перемещения по осям координат. Большинство производителей на данный момент использует именно такую систему, как обеспечивающую лучшее соотношение стоимости и точности. Системы на базе сервоприводов с обратной связью являются наименее узким звеном в точности позиционирования. Современные сервоприводы способны обеспечить точность позиционирования до 1 мкм, дополнительная погрешность набегает уже на конструкции, ШВП и направляющих, таким образом точность позиционирования шпинделя составляет от 5 до 15 мкм в зависимости от конструкции автомата.

Существует две основные конструкции приводов — с одним двигателем на ШВП (рис. 3) и с двумя двигателями (на каждую ШВП). Безусловно, двухприводные системы

(рис. 4) обеспечивают большую точность за счет исключения возможного перекоса осей, но и обходятся дороже.

Видеосистема. Все компоненты перед установкой на плату проходят через систему распознавания и центровки. Существует множество типов систем центровки компонентов, наиболее часто встречаемые — «на лету» («on fly»), с подносом к зафиксированной камере («Stage Vision») и системы с распознаванием проносом — камеры с линейной матрицей («Line Scan Optics»).

Центрирование «на лету» («on fly») используется в основном для центрирования небольших компонентов (пассивных) и микросхем с шагом выводов более 0,8 мм. Принцип действия довольно прост. После захвата компонента из питателя вакуумным пинцетом видеочкамера при помощи системы зеркал осматривает компонент снизу и распознает расположение корпуса и выводов. Математически вычисляется необходимый угол разворота и смещение относительно центра вакуумного захвата. Основным преимуществом данного способа является скорость, так как процесс центровки происходит на пути к месту установки компонента и не требуется его транспортировка на отдельную базу (для центрирования). Недостаток — невозможность использования применительно к крупным компонентам и микросхемам с малым шагом выводов, а также сравнительно невысокая точность распознавания, а следовательно, и установки — как правило, точность позиционирования находится в диапазоне от 100 до 75 мкм.

«База центрирования» («Stage Vision») — принцип действия основан на подносе компонента к отдельной направленной вверх видеочкамере, где происходит распознавание корпуса, выводов компонента и его центровка. Такие системы оснащены, как правило, трехуровневой подсветкой для создания более контрастного изображения различных компонентов. Достоинством систем является возможность встраивания туда камер большего разрешения, а следовательно, и центровка с большей точностью. Точность позиционирования при использовании дан-

ного метода составляет 50–20 мкм. Недостаток — затрачивается дополнительное время на поднос компонента к камере и центровку.

При выборе автомата монтажа, оснащенного «базой центрирования», следует обращать внимание на то, с какими компонентами может работать та или иная видеосистема. Основное различие — поле зрения (FoV, Field of View) — основной параметр видеочкамеры. Например, видеочкамера с FoV 20* предназначена для распознавания CSP-компонентов с размером корпуса до 18×18 мм и шагом выводов до 0,6 мм, с FoV 35 — QFP с размерами 30×30 мм и шагом выводов до 0,3 мм, а FoV 50 — BGA/QFP с размерами 45×45 мм и шагом выводов до 0,8 мм.

Распознавание «проносом» или линейное сканирование (LSO) представляют собой нечто среднее между центрированием «на лету» и на «базе». Принцип действия: компонент проносится над базой без остановки, в процессе проноса осуществляется его распознавание и корректировка. Достоинством является уменьшение тактового времени на установку компонента, недостаток — меньшая разрешающая способность при проносе без остановки. В последнее время появились усовершенствованные системы линейного сканирования, которые не зафиксированы строго на одном месте, а подвижны и перемещаются к траектории движения головки автомата от питателя к месту установки компонента, тем самым исключая излишние перемещения.

Постоянные разработки, улучшения и модернизация всех составляющих автомата направлены, главным образом, на повышение его надежности. **Надежность автомата** характеризуется не только его долговечностью, но и способностью устанавливать компоненты с высокой воспроизводимостью заданной точности. Прямым показателем воспроизводимости автомата является такой математический параметр, как σ (сигма). К сожалению, не все понимают не только важность этого параметра, но и его значение в приложении к сборочному автомату.

Сигма (собственно название буквы греческого алфавита) — это статистический тер-

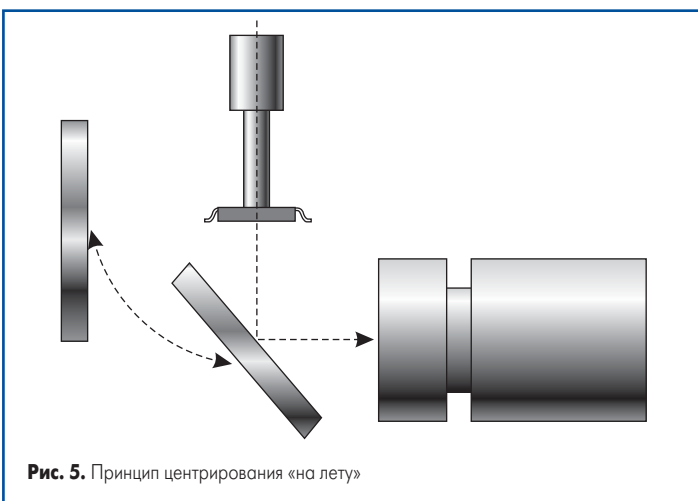


Рис. 5. Принцип центрирования «на лету»

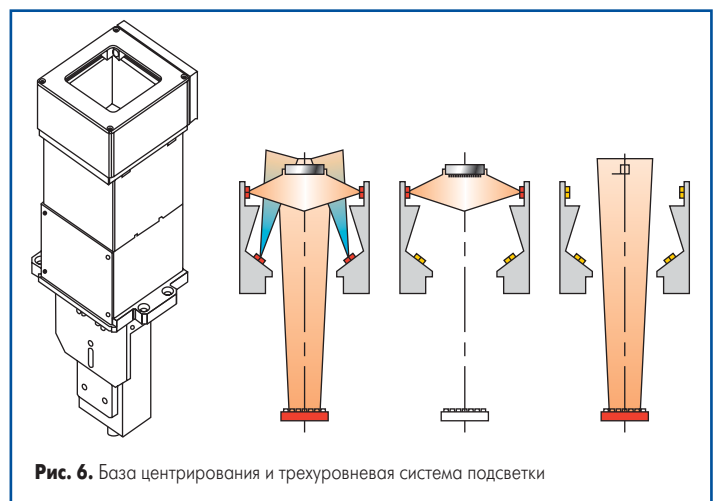


Рис. 6. База центрирования и трехуровневая система подсветки

* Параметры варьируются в зависимости от поставщика

мин, параметр измерения, который также называют среднеквадратическим (стандартным) отклонением. Когда этот параметр используется в бизнесе и производстве, он указывает число дефектов (брака) на выходе процесса и помогает понять, насколько данный процесс отличается от совершенного. 1σ соответствует 691,5 случая брака на тысячу, что соответствует выпуску продукции без дефектов только в 30,854%. Разумеется, такие показатели считаются очень плохими. Если мы добиваемся того, что процессы стабильно функционируют на уровне трех сигма, это означает, что допускается 66,8 ошибок на тысячу возможных, или мы имеем выпуск отличной продукции в 93,319% случаев. При высшем уровне в шесть сигма число дефектов составляет 3,4 на миллион возможных. Такой уровень — то, к чему стремится производитель любого оборудования.

Типичный пример манипулирования понятием «сигма» нам рассказали на одной европейской выставке сборочно-монтажного оборудования. Фирма-производитель настольных автоматов монтажа выпустила рекламный буклет с описанием и характеристиками своего оборудования, среди всего прочего, там указывалась и точность позиционирования, а именно 50 мкм. Этот буклет заинтересовал разработчиков больших встраиваемых в линию автоматов. Заинтересовал тем, что при том же конструктиве и используемой оптике для центрирования компонентов их машина имела точность позиционирования 75 мкм. При этом, естественно, стоимость настольного автомата в несколько раз меньше стоимости автомата, встраиваемого в линию. Любой потребитель, сравнив два буклета, непременно задастся вопросом: «Зачем мне большой сложный автомат, если я могу купить настольный, дешевле, да еще и с лучшими показателями?» Ситуацию удалось прояснить, когда на неформальной встрече представителями двух фирм удалось поговорить в спокойной обстановке. Вопрос был один: «Как вам удалось поднять так сильно точность автомата, за счет чего?» Ответ был на удивление прост, оказалось, что в рекламном буклете указали максимально возможные параметры установщика, но не указали, что точность позиционирования в 50 мкм достигается только при одной сигме, а именно в 30% случаях.

В некоторых случаях можно встретиться и с обратной ситуацией, когда производитель заявляет определенную точность при шести сигмах. В данном случае следует отнести к подобного рода информации с некоторой долей скепсиса. На сегодняшний день добиться надежной работы автомата при шести сигмах в производственных условиях практически невозможно. И связано это с тем, что непременно будут влиять на стабильность монтажа такие случайные факторы, как колебания напряжения в электросети, температуры и влажности в помещении, вибрация, качество поставки компонентов и многое другое. Заявляя точность монтажа

автомата при шести сигмах, производитель не преследует цель обмануть потребителя, он лишь указывает на то, что при определенных условиях автомат может работать с такой точностью.

Будучи в командировке, мы были приглашены на один из крупнейших в мире заводов по производству автоматов для поверхностного монтажа компонентов. То, что нам довелось увидеть, довольно сильно различалось с тем, что я ожидал увидеть. Прежде всего, поразили две вещи: площадь завода и обилие ручной работы. Мне было сложно представить, что подобная довольно специфическая, высокоточная техника может изготавливаться в массовых количествах. Производительность завода составляет 150–200 автоматов в месяц! И тенденции идут на увеличение объемов производства. Такой объем сложно оценить, но можно легко представить в приложении к российскому рынку. Один, максимум два месяца работы завода способны обеспечить автоматами *все* российские предприятия, связанные с производством электронной техники. Обилие ручного труда явно противоречило всему, чему нас так долго учили в университете по автоматизации и технологии сборки. И тем не менее это оказался самый надежный способ обеспечения качества.

Количество операций контроля качества сборки автоматов было если и не сравнимо с количеством сборочных операций, то не очень сильно им уступало. На мой вопрос о целесообразности такого количества этапов контроля прозвучало приблизительно следующее: «При объеме выпуска в 150 автоматов в месяц за год мы выпускаем на рынок около 2000 машин, если бы мы не были уверены, что они будут исправно работать в течение минимум 3–5 лет, нам пришлось бы содержать огромный штат сервисных инженеров по ремонту и соответствующий склад запасных частей. Все это привело бы к значительно большему трудовым и финансовым затратам».

Помимо контроля качества сборки на заводе, естественно, проводится контроль готовых автоматов. Готовые автоматы тестируются в несколько этапов: контроль функционирования — проверка на работоспособность всех функциональных блоков автомата. В процессе такого контроля автомат находится в режиме самодиагностики, когда в автоматическом режиме прогоняются все функции и анализируется их работоспособность, начиная от работы конвейера и заканчивая оптической системой. Срок такой проверки составляет от 12 до 15 часов. На втором этапе идет проверка точности монтажа компонентов, когда на тестовую плату со специальной разметкой и клейкой основой устанавливаются компоненты в разных положениях, общим числом до 10 тыс. штук. После этого плата переносится на специальную установку контроля положения, которая вычисляет координаты компонентов с точностью до 3 мкм и сравнивает их с заданным положением. Интересна также система оценки годности автомата на основа-

Таблица

№ п/п	X	Y	Реальное X	Реальное Y	X	Y
1	10,00	10,00	10,008	9,990	-0,008	0,010
2	10,00	12,00	10,010	11,994	-0,010	0,006
3	10,00	14,00	10,000	13,998	0,000	0,002
4	10,00	16,00	10,002	16,010	-0,002	-0,010
5	10,00	18,00	9,994	18,012	0,006	-0,012
6	40,00	10,00	40,010	10,008	-0,010	-0,008
7	40,00	12,00	39,994	12,008	0,006	-0,008
8	40,00	14,00	39,998	13,994	0,002	0,006
9	40,00	16,00	40,004	16,010	-0,004	-0,010
10	40,00	18,00	40,012	17,994	-0,012	0,006
11	70,00	10,00	70,008	9,994	-0,008	0,006
12	70,00	12,00	69,990	11,998	0,010	0,002
13	70,00	14,00	69,992	14,008	0,008	-0,008
14	70,00	16,00	70,004	16,002	-0,004	-0,002
15	70,00	18,00	70,010	17,990	-0,010	0,010
...
n	X	Y	x	y	x	y

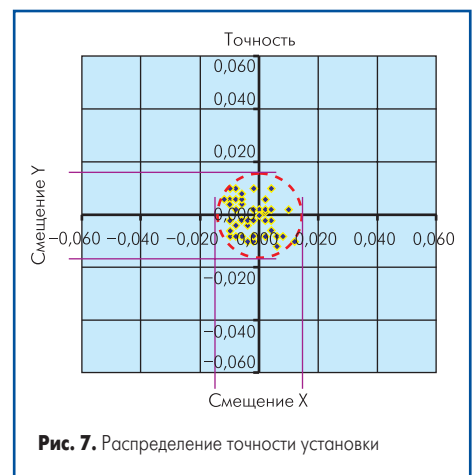


Рис. 7. Распределение точности установки

нии этих данных. Если все компоненты находятся в зоне 75% от заданной точности, то есть для автомата с точностью 20 мкм компоненты установлены с точностью ± 15 мкм (см. таблицу и рис. 7), то автомат признается годным и переходит к третьему этапу контроля. Если более 10% компонентов установлены с допуском, близким к заданному или немного превышающим его, автомат отправляется на повторную калибровку. В случае если более 3% установленных компонентов выходят за пределы установленной точности (20 мкм), автомат возвращается на завод на регулировку и переналадку.

На третьем этапе машина проверяется на возможное наличие скрытых дефектов, когда она запускается в полностью рабочем режиме и печатывается на 72 часа. В течение этого периода запрещается любое вмешательство в работу автомата, а в случае необходимости инженер обязан внести в протокол пометку о том, кто, когда и при каких обстоятельствах приостановил работу автомата. После окончания этого этапа сборочно-монтажный автомат отправляется на консервацию, упаковку и транспортировку к заказчику.

В заключение хочется подчеркнуть, что именно объективная инженерная оценка качественных характеристик оборудования — залог его успешного использования в реальных производственных процессах.