

# Паяльные роботы Apollo Seiko

**Пайка — один из наиболее ответственных этапов в производстве электронных модулей. Высокая конкуренция, а также растущие потребности отрасли формируют строгие требования к качеству выпускаемых изделий. В этих условиях необходимо минимизировать ручной труд, причем особое внимание следует уделить автоматизации операции пайки.**

Екатерина Толченова

teg@eurointech.ru

## Преимущества использования паяльных роботов

В основе развития современного электронного производства лежит автоматизация основных технологических процессов и минимизация ручного труда, что приводит к повышению производительности, качества продукции и снижению затрат. Человеческий фактор — одна из наиболее распространенных причин брака в производстве электроники. Люди ошибаются, устают, могут находиться под влиянием эмоций, тогда как технологические операции требуют неизменно высокой концентрации внимания на протяжении всего процесса.

В операции пайки некоторые изделия (например, разъемы с большим количеством близко расположенных выводов) являются трудоемкими для оператора. При пайке таких изделий он испытывает повышенную нагрузку на глаза, усталость от монотонности процесса. Все это неизменно приводит к низкой повторяемости выходных изделий и малой производительности. При работе робота таких проблем не возникает. Отлаженная технология роботизированной пайки значительно увеличивает производительность по сравнению с ручной. При этом повторяемость результатов пайки однозначно повышается: благодаря паяльным роботам можно получить изделия, соответствующие самым высоким современным стандартам качества.

## Внедрение промышленной робототехники

С 1970–80-х годов промышленные предприятия Японии, а чуть позже США и Европы начали активно внедрять робототехнику в свои производственные циклы. Развитие микроэлектроники и общий технический прогресс позволили создать производительные и надежные установки, способные вытеснить ручной труд. Роботы отлично выполняют такие операции, как сборка деталей, сварка, нанесение технологических жидкостей, и за десятилетия успешной работы доказали свою высокую эффективность и окупаемость.

Секрет популярности робототехники легко понять. Роботы воплощают идею замещения на производстве ручного труда: освободив работников на ответствен-

ных технологических операциях, машины позволяют увеличить выход продукции, существенно снизить процент брака, обеспечить более высокое качество готовых изделий.

Стоит также отметить, что в наши дни промышленная робототехника уже не может считаться новым направлением. Сейчас отрасль обошла множество трудностей и имеет по-настоящему высокие технологические достижения, чему способствуют как продолжающиеся научные исследования, так и конкуренция между производителями роботов. Поэтому можно с уверенностью сказать, что современные роботы, произведенные на заводах известных и обладающих большим опытом компаний Японии, надежны, продуманы до деталей и понятны в использовании.

## Внедрение роботов в технологический процесс пайки

Разумеется, инженеры-разработчики не могли обделить вниманием такую востребованную операцию. И поэтому японская компания Apollo Seiko, с 1969 года специализирующаяся на производстве высококачественного паяльного оборудования, более 30 лет назад разработала и выпустила первый в мире паяльный робот.

Сегодня компания имеет прямые представительства и сервисные центры по всему миру. Роботы Apollo Seiko высоко востребованы на предприятиях стран Азии, в США, Германии и во многих других странах. Секрет успеха — наивысшее качество оборудования, гибкость в настройке, а также широкий спектр решений для удовлетворения потребностей заказчиков.

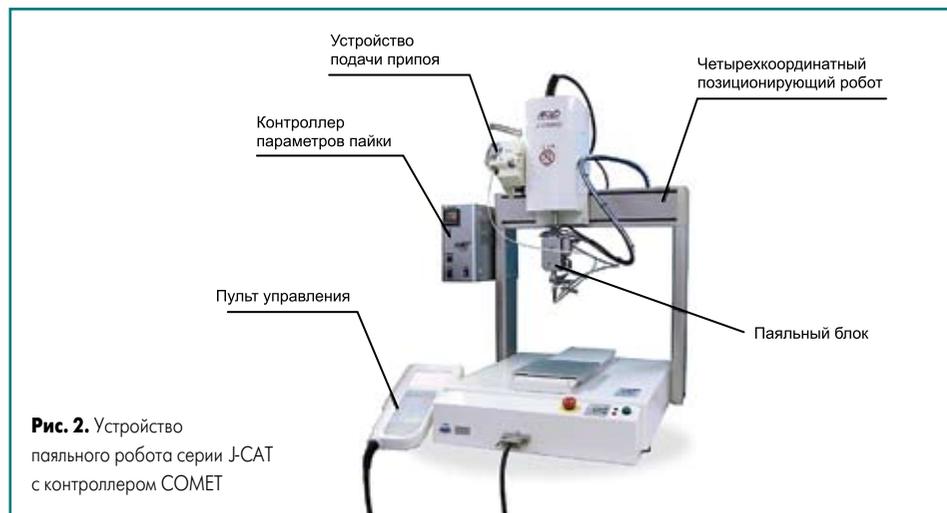
В настоящее время компания плотно сотрудничает с такими всемирно известными японскими брендами, как Kawasaki, Janome и многими другими компаниями. Универсальность предлагаемых роботов позволяет приобретать их в необходимой конфигурации для обеспечения наиболее эффективного цикла производства.

Для разных типов автоматизации Apollo Seiko предлагает следующий спектр оборудования (рис. 1):

- ручные паяльные станции;
- настольные роботы серии J-CAT;



**Рис. 1.** а) Ручная паяльная станция TTM-3000N с прецизионным контролем температуры; б) настольный 4-координатный робот серии J-CAT; в) порталный робот L-CAT EVO с вынесенным рабочим звеном; г) паяльный манипулятор типа SCARA; д) 6-координатный шарнирный робот с контроллером пайки TERRA



**Рис. 2.** Устройство паяльного робота серии J-CAT с контроллером COMET

- модели L-CAT-EVO с вынесенным рабочим звеном;
- манипуляторы типа SCARA;
- шарнирные роботы с шестью степенями свободы;
- готовые решения для пайки мощных светодиодов, солнечных модулей, обработки и припайки проводов.

Разумеется, технология пайки имеет и другие пути для автоматизации и увеличения объемов выходной продукции. Среди современных методов пайки, внедренных на многих отечественных предприятиях, — пайка волной припоя, пайка в печах конвекционного оплавления, селективная пайка. Однако паяльные роботы, безусловно, кардинально отличаются от вышеупомянутого оборудования. Роботы Apollo Seiko выделяются высокой точностью во всех аспектах — в позиционировании, в мерной прецизионной подаче припоя, в строгом поддержании заданной рабочей температуры пайки. Роботы удобны для пайки компонентов, которые нельзя паять в печи оплавления. Роботы Apollo Seiko также крайне полезны и эффективны в пайке ответственных изделий, поскольку они гарантируют точное соответствие температуры жала заданному значению.

### Устройство современного паяльного робота Apollo Seiko

Для качественной реализации идеи роботизированной пайки необходимо учесть множество конструктивных и технологических факторов. При производстве паяльных роботов первоочередными являются следующие проблемы:

- позиционирование инструмента в заданной точке;
- обеспечение и поддержание температурного режима пайки;
- подача припоя и флюса;
- устранение дефектов пайки.

Рассмотрим, как все эти задачи решаются при помощи оборудования Apollo Seiko.

На рис. 2 показан наиболее простой в использовании и интеграции настольный паяльный робот Apollo Seiko серии J-CAT. Робот серии J-CAT состоит из следующих функциональных узлов:

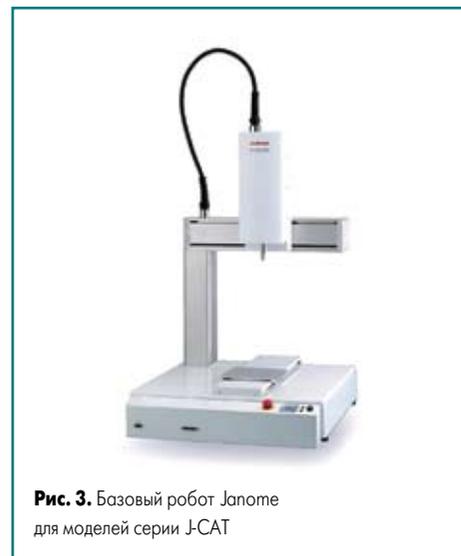
- настольный прецизионный робот с четырьмя рабочими осями (три декартовых оси и ось вращения инструмента);
- паяльный блок;
- контроллер пайки;
- устройство подачи припоя.

Каждый из этих узлов разработан с учетом многолетнего опыта и практической деятельности компании Apollo Seiko. Далее рассмотрим более подробно устройство оборудования и особые конструктивные изобретения.

### Позиционирование инструмента в заданной точке

Компания Apollo Seiko уделяет большое внимание основе своих установок — роботам, использующимся в качестве позиционирующих устройств. Робот отвечает за точность и скорость пайки, от него зависят надежность и долговечность работы всей установки в целом.

В основе установок Apollo Seiko серии J-CAT — настольные прецизионные роботы производства известной компании Janome (Япония) (рис. 3). Компания Apollo Seiko выбрала Janome в качестве стратегического партнера для реализации идеи настольных паяльных роботов, поскольку эта компания прочно зарекомендовала себя как надежный производитель оборудования на японском



**Рис. 3.** Базовый робот Janome для моделей серии J-CAT

**Устройство паяльного блока**


**Рис. 4.** Контроллеры пайки TERRA и LUNA с внутренней памятью

микрошаговая система управления двигателями, которая позволяет получить мягкое и сравнительно тихое перемещение рабочих звеньев.

Для конечного пользователя один из наиболее интересных вопросов, касающийся эксплуатации оборудования, — его программирование. Роботы J-CAT не требуют от оператора специальных знаний в программировании и обучаются с удобного съемного пульта управления. С пульта можно вручную задать подвод инструмента в любую точку, создать необходимые траектории и установить рабочие параметры пайки для каждого вида рабочих точек. Программирование обрабатываемых изделий с большим количеством рабочих точек существенно облегчается за счет функций блочного копирования и сдвига.

**Обеспечение и поддержание температурного режима пайки**

Температура — наиболее важный параметр пайки. Для получения наилучшего качества пайки и обеспечения сохранности компонентов необходимо обеспечивать заданное технологическими требованиями значение температуры. Управление рабочими параметрами (температурой и количеством подаваемого припоя) в роботе J-CAT осуществляет контроллер пайки (рис. 4).

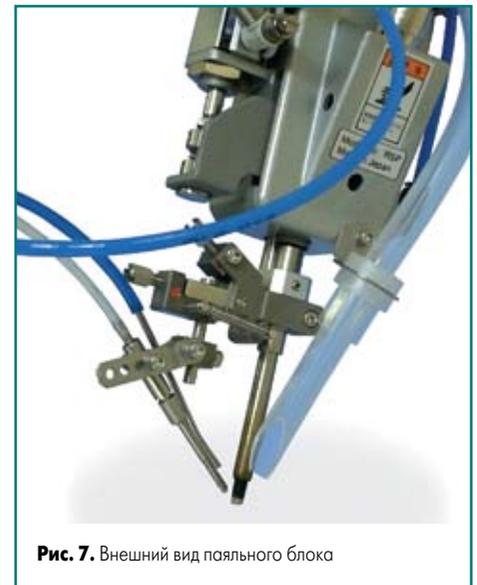
Важное достижение Apollo Seiko, представленное в роботах J-CAT, — точное поддержание введенной оператором температуры. Паяльное жало оснащено встроенным нагревательным элементом, а для контроля температуры в конец жала встроена прецизионная термопара. Поэтому любое отклонение от заданного значения быстро фиксируется и устраняется. Нагревательный элемент обеспечивает сверхбыстрый нагрев жала: холодное жало достигает температуры +300 °С всего за 6 с. Благодаря функции автоматической калибровки температуры оборудование полностью выходит на стабильный рабочий режим в течение 30 с после включения (рис. 5).

Именно уникальное конструктивное решение в виде установки термопары в самом кончике жала позволяет роботам Apollo Seiko достигать высокой стабильности, недоступной для обычных конвекционных паяльных станций (рис. 6).

Один из наиболее важных узлов паяльного робота — паяльный блок, на котором установлен рабочий инструмент робота — паяльное жало (рис. 7).

Паяльный блок оснащен пневматическим приводом, при помощи которого происходит подъем и опускание жала в рабочем режиме. В приводе также находится специальный клапан, позволяющий настроить скорость опускания и поднятия инструмента. Значения скорости опускания и поднятия жала задаются для того, чтобы робот паял компоненты с максимальной аккуратностью, но при этом — с минимальными потерями времени.

Часть конструкции, на которой крепится паяльное жало, подпружинена таким образом, что при опускании жала на контактную площадку исключается возможность ее повреждения. Пружина дает жалу небольшой свободный ход (максимальное значение — 10 мм) относительно запрограммированной оператором высоты точки пайки, причем как в большую, так и в меньшую сторону. Даже в том случае, если плата имеет по каким-то причинам прогиб, жало будет упираться в контактную площадку с нужной силой прижатия, пропаивая контакт, но не нанося при этом вреда контактной площадке. Благодаря такой конструкции блока любые погрешности высоты мягко компенсируются.

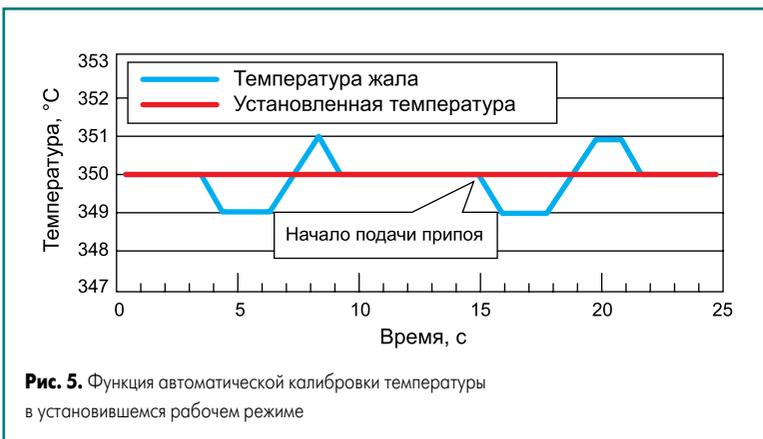


**Рис. 7.** Внешний вид паяльного блока

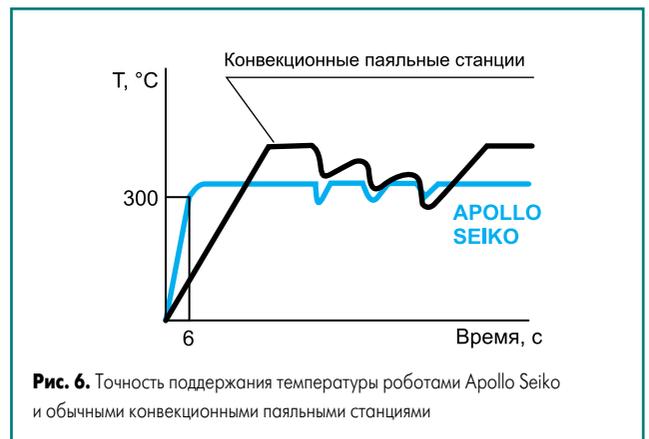
рынке. Опыт в сфере производства бытового и промышленного оборудования насчитывает уже более 90 лет, из них около 20 лет Janome выпускает промышленные роботы.

Роботы серии J-CAT оснащены высокоточными пятифазовыми шаговыми двигателями, которые обеспечивают повторяемость  $\pm 0,01$  мм по осям XYZ и  $\pm 0,008^\circ$  по оси Z — наиболее высокие современные показатели для 4-координатных роботов.

Эти роботы обладают жесткой структурой из экструдированного профиля и литого основания из твердого алюминиевого сплава. Подвижный рабочий столик сконструирован таким образом, что инородные объекты (винты, пыль, жидкости и т. д.) не попадают внутрь механизма. В роботах используется



**Рис. 5.** Функция автоматической калибровки температуры в установившемся рабочем режиме



**Рис. 6.** Точность поддержания температуры роботами Apollo Seiko и обычными конвекционными паяльными станциями



Роботы оснащаются одним из двух паяльных блоков на выбор. Наиболее распространенный — блок для пайки в точечном режиме. Этот блок паяет контакты дискретно, подводя жало к каждой точке пайки.

В данной конструкции блока опускание и поднятие жала происходит вдоль собственной оси, что является наиболее оптимальным способом подвода в режиме точечной пайки. Пружина, о которой говорилось выше, установлена таким образом, что свободный ход жала происходит также вдоль его оси.

Однако существуют приложения, в которых пайка точкой может быть неудобна, и гораздо производительнее в таких случаях — паять ряд контактов непрерывной линией. Для того чтобы решить эту задачу качественно, компания Apollo Seiko запатентовала и выпустила не имеющий аналогов паяльный блок для пайки контактов линией — RSL.

Блок для линейной пайки позволяет паять непрерывной линией ряд выводов без риска повреждения печатной платы. Конструктивное отличие заключается в способе установки жала. В блоке RSL жало установлено под большим углом, чем в блоке для пайки точкой. Помимо этого, пружина для корректировки прижатия жала к плате позволяет жалу отклоняться не по своей оси, а по дуге окружности. Благодаря такой конструкции, жало проходит по паяемым контактам мягко, не царапая плату или контактные площадки.

Для обоих типов блоков компания Apollo Seiko внедрила различные по форме жала, позволяющие выполнять пайку на множестве приложений.

### Подача припоя

Не менее важный момент — подача припоя в зону пайки. Для пайки на паяльных роботах J-CAT применяется трубчатый припой с флюсовым сердечником. Катушка с припоем устанавливается на катушечный стержень на устройстве подачи припоя, далее припой проходит через сам механизм подачи (рис. 8) и с помощью направляющей трубки поступает в зону пайки.

В механизме подачи припоя предусмотрены два датчика — датчик отсутствия и датчик останова подачи припоя. Если припой в катушке закончится или по каким-то причинам

не будет поступать, робот немедленно остановит работу, предупредив оператора звуковым сигналом.

В конструкции устройства подачи припоя предусмотрены также специальные направляющие ролики, по которым припой с установленной скоростью протягивается из катушки (рис. 9).

На рис. 9 видно, что один из роликов оснащен рядом острых зубцов. Зубцы на ролике сделаны для специальной подготовки припойной проволоки в процессе подачи — продавливания равномерно расположенных отверстий.

Было установлено, что трубчатый припой, поступающий в зону пайки без предварительной обработки, может неравномерно расплавляться из-за содержащегося внутри флюса. В результате наблюдалось разбрызгивание капель флюса и шариков припоя при контакте с раскаленным жалом, что может привести к появлению технологических дефектов. Поэтому компания Apollo Seiko разработала и запатентовала технологию прокалывания припоя в процессе подачи. При такой обработке флюсовый сердечник расплавляется более равномерно, и жидкий флюс вытекает через произведенные отверстия.

Благодаря этому решению флюс покрывает поверхность равномерно без разбрызгивания, позволяя припою расплавляться уже на чистой, активированной поверхности. Флюс и шарики припоя не попадают на чувствительные компоненты.

Помимо технологии прокалывания, которую используют только роботы Apollo Seiko, в мире также известна альтернативная технология надрезания припоя в форме латинской буквы V. Однако проведенные тесты показывают, что прокалывание показывает более высокие результаты, поскольку процент образующихся шариков припоя значительно ниже (рис. 10).

### Персонализация оборудования

Компания Apollo Seiko стремится производить максимально гибкое оборудование. Пайка необходима в различных приложениях, поэтому важно, чтобы паяльные роботы справлялись с как можно большим количеством разнообразных задач. Пайка разъемов, припайка проводов, планарных микросхем, монтаж в отверстия (through-hole), герметизация корпусов приборов и другие операции должны выполняться без каких-либо ограничений.

Именно поэтому оборудование Apollo Seiko, во-первых, обладает гибкостью интеграции в производственные циклы: на выбор предлагаются различные конструктивные варианты базовых роботов и широкий набор пользовательских опций, что позволяет остановиться на необходимой по производительности и функциональности конфигурации оборудования (рис. 11, 12).

А во-вторых, оборудование гибко с точки зрения смены или расширения приложений: при наличии жал нужного размера потребитель может легко перейти с пайки относи-

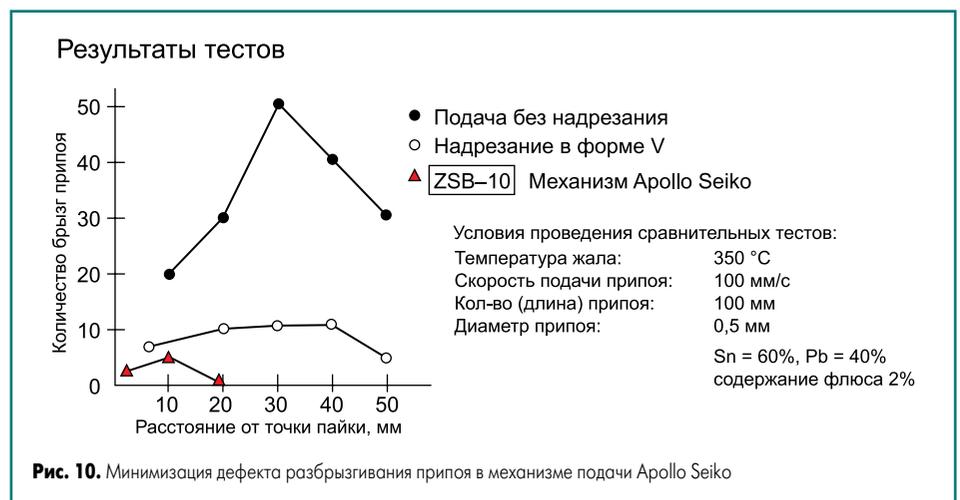


Рис. 10. Минимизация дефекта разбрызгивания припоя в механизме подачи Apollo Seiko



**Рис. 11.** Настольный вариант робота L-CAT с повышенной производительностью за счет стола с двумя податчиками изделий

тельно миниатюрных приложений на пайку более крупных элементов с большим отводом



**Рис. 12.** Модель L-CAT-NEO, оснащенная сенсорной панелью управления, встроенным монитором и мини-камерой

тепла. Для специфических приложений, например пайки малых компонентов, Apollo Seiko предлагает современную технологию лазерной пайки.

В случае перехода пользователя на бессвинцовые припои роботы не требуют никакой дополнительной модернизации. В комплект стандартных пользовательских опций входят устройства генерации азота, локальные вытяжки, механизмы очистки жала, устройство корректировки жала. Помимо этого Apollo Seiko поставляет системы технического зрения — от удобных мини-видеокамер до более серьезных интеллектуальных систем с функциями распознавания реперных и других знаков, а также специализированное программное обеспечение.

### Заключение

Как и любая другая, технология пайки является в определенной степени искусством, и для достижения отличного конечного результата технолог зачастую должен иметь возможность приложить свои практические знания и творческие усилия. Роботы Apollo Seiko дают производителям современный и продуманный инструмент для реализации самых смелых идей.