

СОВРЕМЕННЫЕ ПАЯЛЬНЫЕ СТАНЦИИ SMART SOLDERING STATIONS

Гнездилов В.А. (V. Gnezdilov)

Борьба за качество производства электронной техники приносит ощутимые плоды, но электронный мир пока не идеален, и сервисным центрам по-прежнему хватает работы. С ростом сложности ремонтных работ на передний план выходят задачи обеспечения качества ремонта. И это закономерно, ибо ремонтные технологии в своем развитии неотступно следуют за технологиями производства, определяемыми, в свою очередь, эволюцией элементной базы электроники.

Без качественно выполненной пайки нормальная работа электронного устройства (хоть контакта на люстре, хоть конденсатора на материнской плате) рано или поздно, с большой вероятностью, будет нарушена. Так как во время пайки происходит взаимное растворение припоя и той части металла, на который он наносится, после остывания получается довольно прочное соединение, обладающее хорошей электропроводимостью.

Всем известно, что паяльная станция — это комплект устройств, состоящий из паяльника со сменным наконечником (головкой), блока электронной регулировки, подставки под паяльник и очистителя паяльных головок. Технические параметры паяльной станции, в первую очередь, зависят от конструкции паяльников, в которой главную роль играет нагреватель. Диапазон регулировки температуры, точность ее поддержания, скорость разогрева, мощность, напряжение питания, а также потенциал и сопротивление заземления, вес и габариты — все эти параметры в полной мере влияют на качество пайки. В случае использования паяльных станций на производстве эргономические показатели паяльников — вес, габариты, температура разогрева ручки — начинают играть значительную роль, т. к. монтажник пользуется паяльником практически непрерывно в течение всей рабочей смены, т. е. 8 часов, и эти параметры значительно сказываются на утомляемости работника.

В случае, если пайка для вас частое дело, необходимо обзавестись паяльной станцией, так как они имеют регуляторы температур, автоматическое поддержание заданной температуры, удобную подставку под паяльник, ванну для очистной губки, антистатическую защиту и некоторые дополнительные возможности.

Припой разделяют на тугоплавкие (твердые припой) и легкоплавкие (мягкие припой). Выпускаются в виде зерен, палочек, прутков, полосок, лент, проволоки, заполненных канифолью

трубок, порошков и паст с жидким флюсом.

Припой, сплав олова со свинцом, необходим для соединения спаиваемых деталей.

Однако, согласно директивам стандартов RoHS (Restriction of Hazardous Substances) и WEEE (Waste Electrical and Electronic Equipment), начиная с 1 июля 2006 года, все электронные компоненты должны производиться с соблюдением жестких экологических норм и не содержать таких химических элементов как свинец, ртуть, кадмий и других опасных для здоровья соединений.



Рис. 1. Паяльная станция АКТКОМ АТР-1121

Директива RoHS, ограничивающая использование опасных веществ, применительно к электронной промышленности означает принудительный переход на бессвинцовые технологии пайки, что обрекает многих производителей на серьезную модернизацию технологического оборудования и связанные с этим дополнительные расходы. Не могут оставаться в стороне и многочисленные ремонтные и сервисные службы, поскольку рано или поздно все они столк-

нутся с необходимостью ремонта появляющейся бессвинцовой продукции.

Большинство среднетемпературных припоев для замены свинца — это сложные по составу сплавы на основе олова с добавлением меди, серебра, висмута и сурьмы. К сожалению, ни один из них не может полностью заменить Sn63/Pb37 (180...200°C), у всех сплавов существенно выше температура плавления.

Повышенная температура плавления бессвинцовых припоев предъявляет гораздо более жесткие требования к паяльному оборудованию: старое классическое оборудование не годится, поскольку не обеспечивает надежности паяных соединений, а риск повреждения компонентов многократно возрастает. Многие фирмы-изготовители паяльного оборудования незамедлительно занялись выпуском паяльных станций с гордым значком Lead Free, стараясь выжать из классических схем «нагреватель + жало» максимум возможного для соответствия этому требованию, а именно стабильности температуры жала во всех режимах работы. Другой вопрос, насколько у них это получается. Ведь классическая схема обладает целым рядом недостатков, среди которых инерционность и большие потери при передаче тепла от нагревателя к жалу.

Обязательное условие для образования надежного паяного контакта — равные температуры спаиваемых поверхностей.

Красивым и эффективным решением проблемы точного поддержания температуры жала является метод непосредственного нагрева жала с помощью индукционного нагрева вихревыми токами.

Законодательство по RoHS (сокращение с англ. Restriction of use of Hazardous Substances — Ограничение Использования Опасных Веществ) регламентирует применение свинца, а также других потенциально опасных элементов в электротехническом и электронном оборудовании. 1 июля 2006 года Директива 2002/95/ЕС, известная больше как RoHS, вступила в действие на всей территории Европейского Сообщества. Цель Директивы очевидна — ограничить применение шести основных опасных веществ в электрическом и электронном оборудовании, тем самым обеспечивая требуемый уровень защиты здоровья людей и окружающей среды. В отличие от Директивы WEEE, устанавливающей минимальные уровни утилизации электрооборудования, которые должны соблюдаться, но могут быть превышены, Директива RoHS устанавливает точные пределы допустимых уровней, соблюдение которых обязательно.

Несмотря на то, что Директива RoHS является Европейской Директивой, производители электронного и электрического оборудования за пределами стран ЕС также должны соблюдать положения данной Директивы, в том случае, когда произведенное ими оборудование подлежит ввозу в страны ЕС для использования в Европе. Определение требований и применение Директивы RoHS должно быть одинаковым для всех стран ЕС, для того чтобы все компании, прошедшие сертификацию RoHS, могли беспрепятственно торговать в Европейской Экономической Зоне. Согласно требованиям Директивы RoHS до проведения сертификации все производители должны пройти процедуру регистрации.

В основе метода лежит нагрев проводника (наконечника паяльника) переменным магнитным полем. Собственно наконечник изготовлен из меди с ферромагнитным покрытием в его хвостовой части, которая в тоже время является сердечником катушки, создающей постоянно действующее переменное магнитное поле. Наконечник нагревается за счет наведенных поверхностных токов. При определенной температуре, известной в физике как точка Кюри, ферромагнетик теряет свои магнитные свойства, нагрев прекращается, и температура стабилизируется.



Рис. 2. Паяльная станция АКТАКОМ АТР-1123

В момент касания платы температура наконечника падает, магнитные свойства материала мгновенно восстанавливаются, и наконечник вновь начинает поглощать энергию из магнитного поля, стремясь удержать температуру в точке Кюри. Чем более теплоемкий контакт приходится паять, тем больше отклонится температура, и тем больше энергии будет поглощено из поля. Таким образом, система как бы «подбира-

ет» требуемую мощность для нагрева каждого контакта в зависимости от его теплоемкости.

Существует ряд веществ, например железо, кобальт, никель и некоторые редкоземельные элементы (лантаноиды), а также сплавы, которые обладают сильными магнитными свойствами. Эти вещества назвали ферромагнетиками.

Когда такой материал (ферромагнетик), имеющий остаточную намагниченность, помещается в переменное магнитное поле, то это поле вызывает перемагничивание материала. Чем больше остаточная намагниченность, тем больше энергии затрачивается на перемагничивание.

Если этот материал является и токопроводящим, то при воздействии на него переменного магнитного поля в нем возникают вихревые токи (токи Фуко). Возникновение вихревых токов вызывает дополнительный расход энергии в материале. Вся энергия, расходуемая на перемагничивание материала и поддержание в нем вихревых токов, преобразуется в теплоту. Эту энергию называют магнитными потерями или потерями в стали — по названию наиболее применяемого ферромагнитного материала. Поскольку амплитуда вихревых токов пропорциональна частоте перемагничивания, то с ростом частоты растут и магнитные потери в ферромагнетике, а, следовательно, растет и общая мощность, расходуемая на нагрев.

В линейке очень качественных (и недорогих!) паяльных станций АКТАКОМ применен данный метод индукционного нагрева в моделях серий АТР-1121 и АТР-1123 (рис. 1 и 2). В качестве ферромагнитного материала при изготовлении жал используется железоникелевый сплав.

В этих станциях нет нагревателя в прямом смысле этого слова. Нагревателем служит само жало паяльника (рис. 3).

Отсюда следует, что в отличие от традиционных способов разогрева жала с помощью накальной спирали или керамического нагревателя здесь жало нагревается само, равномерно вплоть до самого кончика. Поэтому температурная инерция на разогрев и передачу тепла к кончику жала сведена здесь к минимуму. Дополнительное достоинство этого метода состоит в том, что отсутствует окисление и выгорание жала, вызываемое очень высокой температурой обычного нагревательного элемента. Срок службы жала возрастает, а замена жала не вызывает затруднений.



Рис. 3. Паяльник индукционной паяльной станции

В традиционных же паяльниках на передачу тепла от нагревательного элемента к жалу и далее к кончику жала затрачивается довольно значительное время и существенно большая энергия.

Для паяльных станций АКТАКОМ АТР-1121 и АТР-1123 время разогрева жала до рабочей температуры составляет всего 20-25 секунд, а температура жала практически не меняется в процессе пайки.

Технические характеристики этих станций приведены в таблице.

Кроме этого, паяльная станция АТР-1123 имеет возможность подключения к ПК с протоколированием процесса через сеть (объединение в единую сеть до 64 паяльных станций), что делает их незаменимыми в производстве.

Для классических паяльных станций невозможно преодолеть эту инерционность нагрева жала — увеличение мощности классического нагревательного элемента приведет к дополнительному выгоранию жала в местах контакта с нагревателем, а также риску перегрева жала вследствие появления большого температурного градиента по всей длине жала.

Используя преимущество малоинерционного разогрева, в паяльных станциях Актаком дополнительно применен так называемый «интеллектуальный сенсор». Находясь на самом кончике жала, такой сенсор реагирует на охлаждение рабочей поверхности кончика жала с минимальной задержкой, тем са-

Согласно общепринятому определению, Кюри точка, температура Кюри, температура фазового перехода II рода, связанного со скачкообразным изменением свойств симметрии вещества (например, магнитной — в ферромагнетиках, электрической — в сегнетоэлектриках, кристаллохимической — в упорядоченных сплавах). Назван по имени П. Кюри, подробно изучившего этот переход у ферромагнетиков. При температуре T ниже $K. t.$ ферромагнетики обладают самопроизвольной (спонтанной) намагниченностью и определённой магнитно-кристаллической симметрией. В $K. t.$ ($T = Q$) интенсивность теплового движения атомов ферромагнетика оказывается достаточной для разрушения его самопроизвольной намагниченности («магнитного порядка») и изменения симметрии, в результате ферромагнетик становится парамагнетиком. Аналогично у антиферромагнетиков при $T = Q$ (в т. н. антиферромагнитной $K. t.$ или Нееля точке) происходит разрушение характерной для них магнитной структуры (магнитных подрешёток), и антиферромагнетики становятся парамагнетиками. В сегнетоэлектриках и антисегнетоэлектриках при $T = Q$ тепловое движение атомов сводит к нулю самопроизвольную упорядоченную ориентацию электрических диполей элементарных ячеек кристаллической решётки. В упорядоченных сплавах в $K. t.$ (её называют в случае сплавов также точкой Курнакова) степень дальнего порядка в расположении атомов (ионов) компонентов сплава становится равной нулю. Т. о., во всех случаях фазовых переходов II рода (типа $K. t.$) при $T = Q$ в веществе происходит исчезновение того или иного вида атомного «порядка» (упорядоченной ориентации магнитных или электрических моментов, дальнего порядка в распределении атомов по узлам кристаллической решётки в сплавах и т. п.). Вблизи $K. t.$ в веществе происходят специфические изменения многих физических свойств (например, теплоёмкости, магнитной восприимчивости и др.), достигающие максимума при $T = Q$, что обычно и используется для точного определения температуры фазового перехода.

мым, обеспечивая быстродействующую обратную связь, жестко стабилизирующую температуру жала паяльника и исключая возможность перерегулирования температуры жала, которая встречается в традиционных станциях с нихромовыми и керамическими нагревателями.

Традиционные паяльные системы, в которых в качестве датчика используется термопара, подверженная естественному старению, со временем начинают обрабатывать температуру с определенной погрешностью, для устранения которой должна выполняться периодическая калибровка оборудования. Индукционные паяльные системы полностью избавляют Вас от такой необходимости, поскольку температура наконечника зависит только от состава используемого в нем ферромагнетика, который не подвержен изменению с течением времени. По законам физики, индукционный паяльник не способен поддерживать какую либо иную температуру, чем температура точки Кюри. Следовательно, калибровка не требуется на весь срок эксплуатации инструмента.

ИНДУКЦИОННЫЕ ПАЯЛЬНЫЕ СТАНЦИИ АКТАКОМ АТР-1121 И АТР-1123

Мощность	90 Вт
Диапазон температур	50-600 °С
Выходное напряжение	36 В, 400 Гц
Масса	2,6 кг и 1,5 кг соответственно

Технология бессвинцовой пайки накладывает на характеристики паяльной станции очень жесткие требования, которые обычные классические паяльные станции обеспечивают с большой натяжкой, что приводит к появлению жал сложной структуры с интегрированными в них нагревательными элементами и к существенному удорожанию паяльных станций. В противоположность им станции, работающие на индукционном принципе, легко удовлетворяют требованиям бессвинцовой пайки и к тому же гарантированно обеспечивают высочайшее качество обычной «свинцовой» пайки.

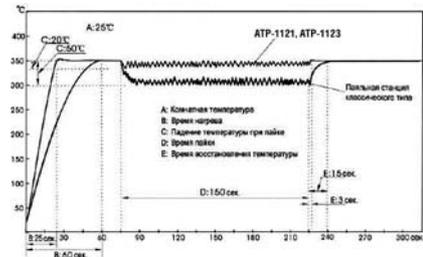


Рис. 4. График температурной зависимости для индукционной и классической паяльной станции

Большинство пользователей работает с паяльными станциями, использующими схемы электронной стабилизации температуры, как наиболее удобными и экономически оправданными. Для таких пользователей индукционные паяльные станции Актаком с электрон-

Токи Фуко (в честь Фуко, Жан Бернар Леон) — это вихревые замкнутые электрические токи в массивном проводнике, которые возникают при изменении пронизывающего его магнитного потока. Вихревые токи являются индукционными токами и образуются в проводящем теле либо вследствие изменения во времени магнитного поля, в котором находится тело, либо вследствие движения тела в магнитном поле, приводящего к изменению магнитного потока через тело или какую-либо его часть. Величина токов Фуко тем больше, чем быстрее меняется магнитный поток. В отличие от электрического тока в проводах, текущего по точно определенным путям, Вихревые токи замыкаются непосредственно в проводящей массе, образуя вихреобразные контуры. Эти контуры тока взаимодействуют с породившим их магнитным потоком. Согласно правилу Ленца, магнитное поле В. т. направлено так, чтобы противодействовать изменению магнитного потока, индуцирующего эти В. т. В. т. приводят к неравномерному распределению магнитного потока по сечению магнитопровода. Это объясняется тем, что в центре сечения магнитопровода намагничивающая сила В. т., направленная навстречу основному потоку, является наибольшей, так как эта часть сечения охватывается наибольшим числом контуров В. т. Такое «вытеснение» потока из середины сечения магнитопровода выражено тем резче, чем выше частота переменного тока и чем больше Магнитная проницаемость ферромагнетика. При высоких частотах поток проходит лишь в тонком поверхностном слое сердечника. Это вызывает уменьшение кажущейся (средней по сечению) магнитной проницаемости. Явление вытеснения из ферромагнетика магнитного потока, изменяющегося с большой частотой, аналогично электрическому Скин-эффекту и называется магнитным скин-эффектом. В соответствии с законом Джоуля - Ленца В. т. нагревают проводники, в которых они возникли. Поэтому В. т. приводят к потерям энергии (потери на В. т.) в магнитопроводах (в сердечниках трансформаторов и катушек переменного тока, в магнитных цепях машин).

Для уменьшения потерь энергии на В. т. (и вредного нагрева магнитопроводов) и уменьшения эффекта «вытеснения» магнитного потока из ферромагнетиков магнитопроводы машин и аппаратов переменного тока делают не из сплошного куска ферромагнетика (электротехнической стали), а из отдельных пластин, изолированных друг от друга. Такое деление на пластины, расположенные перпендикулярно направлению В. т., ограничивает возможные контуры путей В. т., что сильно уменьшает величину этих токов. При очень высоких частотах применение ферромагнетиков для магнитопроводов нецелесообразно; в этих случаях их делают из магнитодиэлектриков, в которых В. т. практически не возникают из-за очень большого сопротивления этих материалов.

При движении проводящего тела в магнитном поле индуцированные В. т. обуславливают заметное механическое взаимодействие тела с полем. На этом принципе основано, например, торможение подвижной системы в счётчиках электрической энергии, в которых алюминиевый диск вращается в поле постоянного магнита. В машинах переменного тока с вращающимся полем сплошной металлический ротор увлекается полем из-за возникающих в нём В. т. Взаимодействие В. т. с переменным магнитным полем лежит в основе различных типов насосов для перекачки расплавленного металла. В. т. возникают и в самом проводнике, по которому течёт переменный ток, что приводит к неравномерному распределению тока по сечению проводника. В моменты увеличения тока в проводнике индукционные В. т. направлены у поверхности проводника по первичному электрическому току, а у оси проводника — навстречу току. В результате внутри проводника ток уменьшится, а у поверхности увеличится. Токи высокой частоты практически текут в тонком слое у поверхности проводника, внутри же проводника тока нет. Это явление называется электрическим скин-эффектом. Чтобы уменьшить потери энергии на В. т., провода большого сечения для переменного тока делают из отдельных жил, изолированных друг от друга. В. т. применяются для пайки, плавки и поверхностной закалки металлов, а их силовое действие используется в успокоителях колебаний подвижных частей приборов и аппаратов, в индукционных тормозах (в которых массивный металлический диск вращается в поле электромагнитов) и т. п.

ной температурной стабилизацией и доступной ценой могут стать выбором, способным удовлетворить самые жесткие требования к пайке при переходе на технологию Lead-Free.

ЛИТЕРАТУРА

1. Афонский А.А., Дьяконов В.П. «Измерительные приборы и массовые электронные измерения». Серия «Библиотека Инженера». М., «СОЛОН-ПРЕСС», 2007, с. 511.

2. «Контрольно-Измерительные Приборы и Системы», 2005, № 2.
3. «Контрольно-Измерительные Приборы и Системы», 2000, № 6. ☑

This article describes advantages of intelligent Lead Free soldering stations using high frequency heating in comparison with ordinary soldering stations.