



ИНДУКЦИОННЫЕ ПАЯЛЬНЫЕ СТАНЦИИ

Александр Воронков, www.technica-m.ru,
компания ТЕХНИКА-М
Москва

Согласно директивам стандартов RoHS (Restriction of Hazardous Substances) и WEEE, 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.

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 столкнутся 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 возрастает многократно. 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 высокой 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.

Иным, гораздо более красивым и эффективным решением проблемы точного поддержания температуры жала является метод непосредственного нагрева жала с помощью индукционного нагрева вихревыми токами.

Теория. Метод индукционного нагрева

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

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

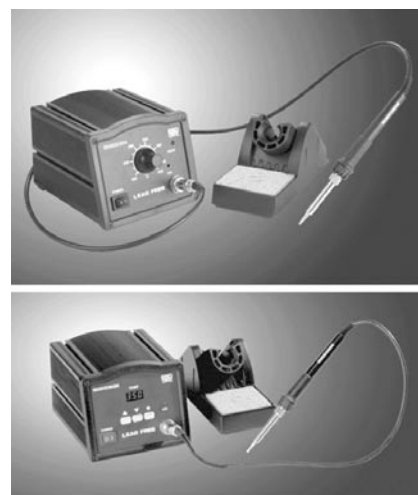


Рис. 1. Паяльные станции фирмы Quick (Китай)

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 тепло. 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.

Фирма Quick (Китай), выпускающая очень качественные (и дорогие!) паяльные станции применила данный метод индукционного нагрева в паяльных станциях серий 203 и 204 (рис. 1). В качестве ферромагнитного материала при изготовлении жала используется железоникелевый сплав.

В этих станциях нет нагревателя в прямом смысле этого слова. Нагревателем служит само жало паяльника. Паяльная станция преобразует напря-

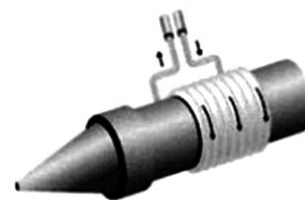


Рис. 2. Возбуждающая обмотка

жение питания сети в прямоугольное напряжение размахом 36 Вольт с частотой 400 кГц. Это напряжение подводится к возбуждающей обмотке (рис.2), обладающей минимальным активным сопротивлением (не более 1,3 Ом) и большим реактивным сопротивлением (не менее 50 мГн), причем, индуктивность обмотки без установленного жала в 100 раз меньше. При таких условиях получается, что мощность, передаваемая от паяльной станции паяльнику, на 80...85% передается самому жалу, включенному как трансформатор с закороченной вторичной обмоткой! (Однако оставшиеся 15...20% мощности тоже не пропадают даром – они разогревают обмотку возбуждения, которая находится снаружи жала, нагревая при этом жало по «классической» схеме нагрева.)

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.

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. На рисунке 3 показана зависимость температуры жала при разогреве и пайке для индукционной и классической паяльных станций. Видно, что для паяльных станций 203Н и 204Н фирмы Quick время разогрева жала до рабочей температуры со-

ставляет всего 20-25 секунд, а температура жала практически не меняется в процессе пайки.

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 Quick дополнительно применен так называемый «интеллектуальный сенсор». Находясь на самом кончике жала, такой сенсор реагирует на охлаждение рабочей поверхности кончика жала с минимальной задержкой, тем самым, обеспечивая быстрое действие обратную связь, жестко стабилизирующую температуру жала паяльника и исключая возможность перерегулирования температуры жала, которая встречается в традиционных станциях с нихромовыми и керамическими нагревателями.

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 гарантировано обеспечивают высочайшее качество обычной «свинцовой» пайки.

Как следствие способности жестко выдерживать температуру жала, индукционные станции позволяют понижать рабочую температуру жала (без нагрузки)

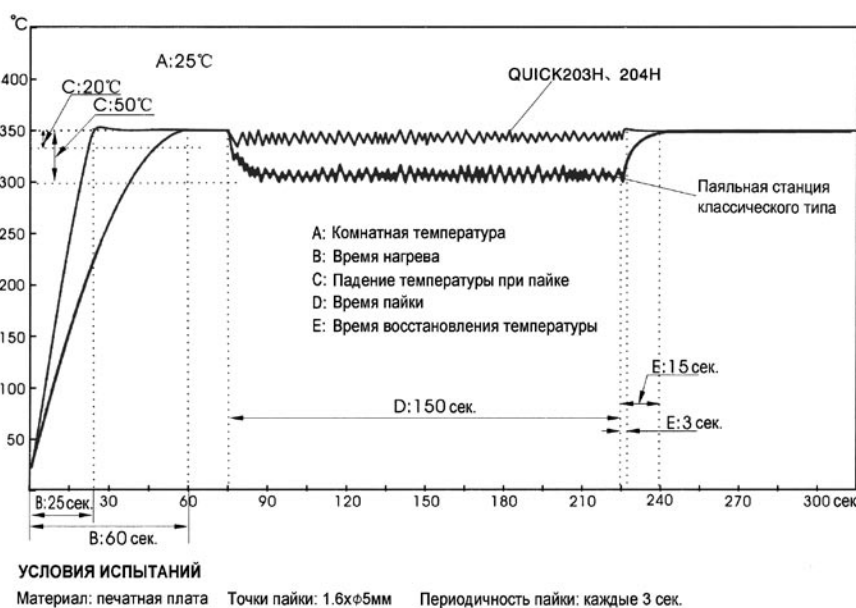


Рис. 3. График температурной зависимости для индукционной и классической паяльной станции

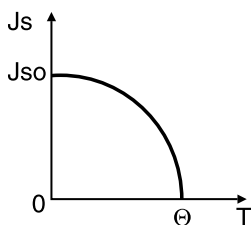


Рис. 4. Кривая зависимости магнитной восприимчивости J_s от температуры T

на несколько десятков градусов (см. рис. 3), что имеет несколько очевидных плюсов:

- резко уменьшается вероятность термостресса полупроводниковых элементов;
- риск перегрева печатной платы сведен к минимуму;
- существенно увеличивается срок службы жала;

При этом паяльник такой станции способен обеспечить прогрев даже массивных элементов.

В паяльных станциях фирмы Metcal (США) также используется метод нагрева токами высокой частоты, но стабилизация температуры жала обеспечивается за счет эффекта зависимости магнитной восприимчивости ферромагнитного сплава, из которого сделано жало, от температуры.

На рис. 4 показана кривая такой зависимости магнитной восприимчивости J_s от температуры T .

С ростом температуры магнитная восприимчивость уменьшается и при температуре Θ , называемой точкой Кюри резко падает до нуля. Ясно, что при достижении этой температуры дальнейший разогрев жала токами ВЧ невозможен, поэтому точка Кюри будет максимальной возможной температурой жала для индукционного паяльника. Для железа точка Кюри равна 770°C , для никеля 358°C , что находится за пределами рабочих температур пайки, поэтому температура ВЧ-паяльников Quick ограничивается (и регулируется) с помощью термосенсора и электронной схемы управления.

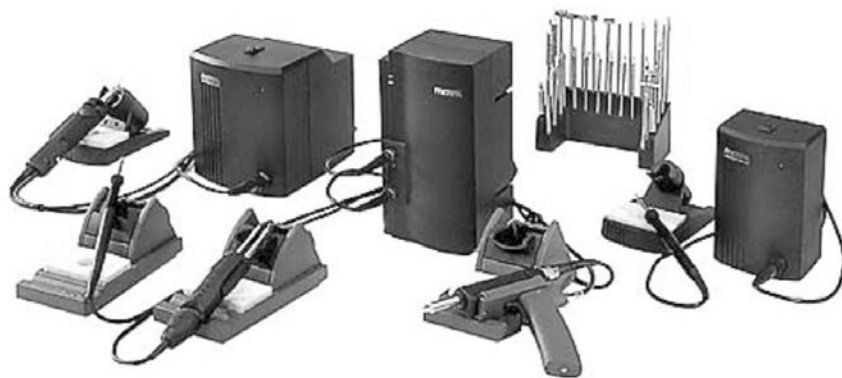


Рис. 5. Паяльные станции фирмы Metcal (США)

Если же в сплав добавить некоторые редкоземельные элементы, то можно существенно понизить температуру точки Кюри, например, для элемента гадолиния точка Кюри равна всего 16°C . Задавая величину примесей в сплаве можно создать жала для паяльников с любой требуемой точкой Кюри. Термосенсоры и схемы обратной связи здесь не нужны и выбор требуемой температуры для пайки сводится просто к выбору жала с требуемой точкой Кюри в зависимости от условий пайки.

Так поступили разработчики паяльных станций Metcal (рис. 5) при создании паяльных станций, запатентовав данную технологию под маркой SmartHeat®. Достоинством этого метода является абсолютная стабильность рабочей температуры жала, отсутствие необходимости в калибровках и пр., а также отсутствие всякого риска перегреть жало и повредить печатную плату и элементы. Кроме того, такая паяльная станция может быть выполнена в форме обычного паяльника с напряжением от сети. Недостатком Metcal является необходимость иметь весьма широкий ассортимент картриджей (жало + индукционная катушка) для обеспечения требуемой скорости нагрева нужно выбирать картридж одной из четырех серий с различной нагревательной

способностью: 500, 600 700 или 800 -ой. Цифры соответствуют температуре картриджа (точке Кюри) в градусах по шкале Фаренгейта. При изменении тепловой нагрузки, например, площади контакта для пайки необходимо менять картридж, причем в жестких условиях бессвинцовой пайки такие замены становятся более частыми. Другим недостатком является высокая стоимость картриджей и самих паяльных станций Metcal. Это — плата за 100% гарантию от перегрева (при условии соблюдения рекомендаций по картриджам): электронные схемы регулирования температуры, как и любые другие, могут выйти из строя и поэтому не могут дать этих абсолютных 100%. Для Пентагона этот аргумент и был решающим в пользу выбора Metcal — американских военных высокая цена и дополнительная трудоемкость не смущают.

В отличие от Пентагона большинство пользователей работает с паяльными станциями, использующими схемы электронной стабилизации температуры, как наиболее удобными и экономически оправданными. Для таких пользователей индукционные паяльные станции фирмы Quick с электронной температурной стабилизацией и доступной ценой могут стать выбором, способным удовлетворить самые жесткие требования к пайке при переходе на технологию Lead-Free.