

## ИНСТРУМЕНТ ERSA В КОНТЕКСТЕ БЕССВИНЦОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Европейская директива RoHS не распространяется на многие отрасли промышленности (медицинскую, аэрокосмическую, военную и т.п.), охватывая по сути лишь потребительскую электронику – как раз ту, которая массово производится за рубежом и почти не производится на экспорт в Украине. В ближайшей перспективе сервисное обслуживание и опытное производство обречены в нашей импортирующей стране доминировать над серийным производством. Ремонт сложной электроники, если он экономически выгоднее ее замены, уже сегодня требует совершенного паяльного инструмента. В бессвинцовой технологии возрастают роль и цена паяльного оборудования Hi-Tech.

**В. Новоселов**

### ERSA TOOLS IN THE CONTEXT OF THE LEAD-FREE TECHNOLOGY

**A**bstract – The European RoHS Directive is not approved for many applications (medical, aerospace, military etc.), as a matter of fact covering only consumer electronics – exactly what is widely produced abroad and at the same time is almost not produced in Ukraine for exports. In the near future repair and testing works are doomed to dominate above serial ones in our importing country. Nowadays the repair of complex electronics requires rather accomplished soldering tool if it is economically more favorable than defect replacement. Both importance and price of Hi-Tech soldering equipment are rising with lead free technology.

**V. Novoselov**

#### Бессвинцовая пайка как коммерческий проект

Нижесказанное не следует понимать как официальную точку зрения специалистов немецкой фирмы ERSA GmbH. Для европейцев время дискуссий о целесообразности бессвинцовой пайки осталось в прошлом: теперь это факт, который необходимо учитывать в бизнесе, если не хочешь стать аутсайдером. Более того, если метишь в лидеры, то приходится во весь голос заявлять о себе как о разработчике оборудования, материалов и технологий бессвинцовой пайки. Отныне таково неперемное условие процветания западных производителей, хотя задача перехода к бессвинцовой технологии была сформулирована в кругах, весьма от них далеких, и вызывает сомнения техническая и экономическая целесообразность такого перехода. За удовольствие стать действительными (тем более, почетными) членами клуба бессвинцовых паяльщиков производителям электроники предложено внести "добровольные" пожертвования: сначала закупить соответствующее оборудование, а затем регулярно покупать более дорогие паяльные материалы и прочие атрибуты бессвинцового производства. Логично предположить, что дополнительные инвестиции производителей отразятся на ценах потребительских товаров для покупателей. В итоге за бессвинцовую кампанию расплатятся именно те граждане, которые не имеют отношения к зарождению инициативы и даже к ее обсуждению: такова уж судьба глобальных проектов.

Технологические аспекты, связанные с переходом на бессвинцовую пайку, изложены в [1]. Остановимся на коммерческой составляющей этого перехода. Фир-

ма ERSA GmbH, производитель паяльных печей для массового производства, достигла в 2004-2005 годах рекордного объема продаж за всю свою историю именно благодаря ажиотажу вокруг бессвинцовой технологии. Для Европы, Японии, США, а также подконтрольных им производственных мощностей в разных частях света вопрос технологического обновления предreshen: производители массовой электроники вынуждены потратиться на новое оборудование, хотя многие стонут, что в этом не было необходимости. Но политика взяла верх. Она сработала на руку наиболее подготовленным производителям паяльного оборудования и материалов, а также электронных компонентов, печатных плат и всего, что так или иначе должно быть модифицировано под бессвинцовую технологию. Разумеется, в выигрыше и продавцы. В итоге цены поднимутся у всех участников "бессвинцовой акции", способных на внушительные инвестиции, а неготовые к аналогичным вложениям, более слабые компании (между прочим, и страны), отстанут от лидеров еще больше. Технология – это продолжение политики. А что же в Украине? Стоит ли повсеместно вкладывать средства в переоснащение производства, спешно и безоговорочно следуя приказу "В строй бессвинцовых – становись!", если приказ адресован не нам? В данный момент у украинских производителей пространство для маневра шире, чем у европейских коллег, в силу того, что львиная доля украинской продукции идет на внутренний рынок, а экспортируемая продукция специального назначения не попадает под антисвинцовые ограничения. Сейчас есть возможность подойти к вопросу более взвешенно с точки зрения интересов и возможностей каждого

конкретного предприятия. Между тем, ремонт бесвинцовой электроники (импортной или украинской) придется выполнять в любом случае. Поэтому ремонтникам остается размышлять лишь над тем, какой инструмент отвечает современным требованиям.

#### **Ремонтные системы Hi-End для бессвинцовой пайки**

Верхняя температура диапазона бессвинцовой пайки на 30-40 градусов Цельсия выше традиционной для оловянно-свинцового сплава. Из этого следует, что для предотвращения термодеструкции электронных компонентов температура пайки должна отслеживаться с большей точностью, а процесс пайки строго контролироваться по времени. В этом плане инфракрасные ремонтные системы пайки больше отвечают специфике бессвинцовой технологии, что оставляет меньше шансов использованию термовоздушных систем. Равномерность нагрева BGA-микросхемы при пайке является критичным фактором: для получения безупречного результата все выводы BGA-микросхемы должны оплаиваться одновременно. Напомним, что предметом соперничества конкурирующих подходов (соответственно, поставщиков) является качество пайки, а объективным мерилем качества для современной паяльно-ремонтной станции является возможность эффективной работы с микросхемами всех разновидностей в корпусах BGA. Применительно к локальной пайке микросхем в BGA-корпусах конкурируют два подхода: инфракрасный нагрев (бесконтактный нагрев излучением в диапазоне длин волн 2-8 мкм) и термовоздушный нагрев (использование воздушной струи как переносчика тепла от нагревателя к корпусу микросхемы). В принципе, оба подхода уходят корнями в соответствующие технологии групповой пайки в печах оплаивания, однако задача ремонтной пайки совершенно иная по своей природе: если в печи должен обеспечиваться равномерный нагрев всей платы, то в ремонтной установке – локальной зоны, да так, чтобы соседние элементы не подвергались термическому воздействию. Наилучшим решением для групповой пайки по мнению специалистов фирмы ERSA (производителя паяльных печей с 45-летним стажем) являются конвекционные печи. Напротив, оптимальным инструментом для ремонтных операций с BGA-корпусами фирма ERSA считает инфракрасную установку. Почему так? Инфракрасный нагрев имеет недостаток (степень нагрева зависит от отражающей способности объекта), зато он концептуально не отягощен борьбой с законами газовой динамики: воздушной струей невозможно обеспечить идеальный равномерный нагрев плоскости корпуса BGA-микросхемы в малом объеме воздушного сопла, ибо в местах первоначального контакта воздушной струи с корпусом температура всегда выше, чем в зонах оттока. От поставщиков термовоз-

душных систем можно услышать, что, мол, никакой струи нет, воздух в сопле практически неподвижен, а завихрения – досужий вымысел, поэтому нагрев корпуса BGA происходит равномерно. Отдавая должное полемической изощренности коллег, продавцы инфракрасных систем отвечают на это школьным знанием законов физики: если воздух в сопле неподвижен, то он не выполняет задачу переноса тепла от нагревательного элемента к корпусу микросхемы. Нетрудно догадаться, какими могут быть последствия неравномерного нагрева при бессвинцовой пайке: избыток тепла череват термошоком компонента, а его недостаток – непрочностью холодной пайки. Ремонтникам недорогой потребительской техники нет смысла проводить качественный ремонт и бороться за многолетнюю безотказную работу изделий: отремонтированному мобильному телефону в любом случае осталось служить недолго до его смены на новую модель. Иное дело – ремонт дорогих систем для специальных приложений: там вопрос качества встает в полный рост.

#### **ERSA ставит на инфракрасное и выигрывает**

Каким должен быть ремонтный центр для работы с изделиями высокой сложности – от карманных коммуникаторов до компьютерных серверов? Экспертов фирм Boeing, IBM или Intel трудно заподозрить в узости кругозора или в необъективности. Руководствуясь опытом и здравым смыслом, десятки транснациональных корпораций и тысячи менее крупных фирм по всему миру выбрали ремонтные центры ERSA серии IR. Такой инструмент можно использовать, если оснащение рабочего места на уровне мировых стандартов отвечает технической политике и финансовым ресурсам предприятия.

Пять аргументов в пользу инфракрасных систем ERSA IR для использования в бессвинцовой технологии:

1. Непревзойденная равномерность локального инфракрасного нагрева (в отличие от термовоздушного), что особенно критично для бессвинцовой пайки корпусов BGA-микросхем.
2. Точная и безопасная для чувствительных компонентов обработка термопрофиля в программируемом ремонтном центре IR550Aplus благодаря контуру обратной связи по температуре (применяется дистанционный инфракрасный или контактный сенсор) с параллельным контролем температуры в произвольной точке платы (дополнительный термосенсор контактного типа).
3. Возможность визуального мониторинга процесса пайки, обеспечиваемая центром IR550Aplus в комплексе с видеосистемой PL550A (визуальный контроль в термовоздушных системах принципиально невозможен, так как зона пайки покрыта воздушным соплом).

4. Универсальность и достаточность базовой комплектации паяльного центра IR550Aplus (не нужно приобретать дополнительные сопла для разных компонентов, как это требуется в термовоздушных системах).

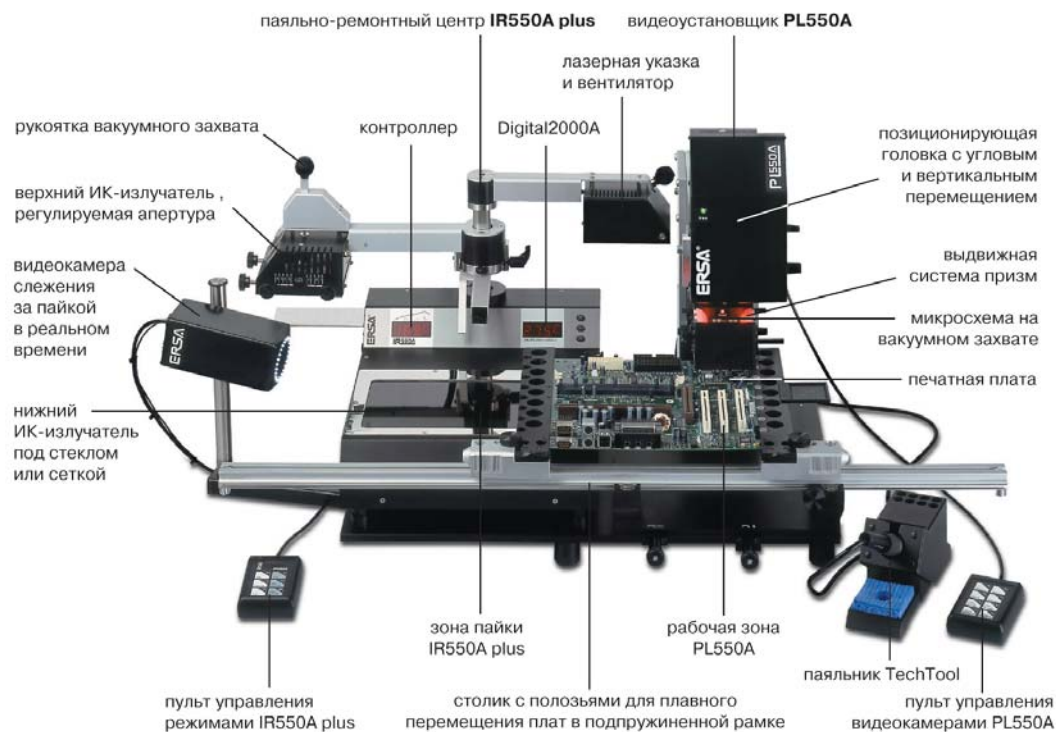
5. Возможность работы со сложнопрофильными компонентами (экранами, разъемами и т.п.), в том числе из термостойкого пластика.

**Комбайн ERSA для бессвинцовой пайки:  
все включено**

На рис. 1 показан антистатический паяльно-ремонтный центр фирмы ERSA IR550Aplus совместно с прецизионным видеоустановщиком и системой видеомониторинга пайки PL550A. Основной блок IR550Aplus предназначен для выполнения паяльных работ с программируемым термопрофилем, прежде всего пайки корпусов BGA-микросхем. Он включает мощные 800-ваттные верхний (с регулируемой апертурой) и нижний (с защитным стеклом или сеткой) инфракрасные излучатели, дистанционный и контактный термосенсоры, вентилятор верхнего охлаждения, лазерный указатель. Встроенный микропроцессор контролирует отработку термопрофиля и связь с компьютером. Паяльно-ремонтный центр IR550Aplus может работать автономно (без компьютера), однако при наличии компьютера с программой IR Soft 3.0 удобство пользования и функциональные возможности системы значительно возрастают благодаря наличию графического интерфейса и отображения параметров процесса пайки на мониторе ПК.

Размеры рабочего поля верхнего излучателя составляют 60×60 мм, нижнего – 135×260 мм. Обеспечена конструктивная совместимость паяльной станции IR550Aplus с видеоустановщиком PL550A и системой визуального контроля процесса пайки в реальном времени. Для автономного (без PL550A) применения паяльно-ремонтную станцию IR550Aplus достаточно оснастить столиком-держателем плат (на рис. 1 не показан). В дополнение к базовой комплектации полезно приобрести нижний вентилятор для охлаждения плат после пайки, так как действие верхнего вентилятора станции IR550Aplus ограничивается рабочей зоной.

Перед пайкой микросхема в корпусе BGA должна быть установлена на контактные площадки печатной платы с нанесенным флюсом или паяльной пастой (в случае керамических BGA). Чем меньше шаг выводов, тем сложнее обеспечить достаточную точность установки микросхемы перед пайкой. Ручная установка легких пластиковых BGA, самопозиционирующихся при пайке, невозможна для микросхем в корпусе BGA с малым шагом выводов, а также для тяжелых керамических корпусов BGA. Именно в таких ситуациях выручает прецизионный видеоустановщик PL550A (правая часть рис. 1). Он используется для прецизионной (от 5 мкм) ручной установки микросхем в корпусах QFP и BGA всех видов размером до 40×40 мм. Агрегат состоит из оптической системы с двухцветной подсветкой, двухцветных видеокамер (72<sup>x</sup>), микрометрического столика-держателя плат с плавным



**Рис. 1. Ремонтный центр IR550Aplus с установщиком PL550A**

перемещением. Опционная кассета сплит-оптики служит для приближения углов крупноразмерных корпусов QFP к центру экрана, чтобы по ним можно было выполнить позиционирование микросхемы. Подвижная вторая видеокамера со встроенной кольцевой светодиодной подсветкой (рис. 1, левая часть) управляется от клавиатуры и используется для визуального контроля (в боковой проекции или под углом) процесса оплавления в реальном времени в паяльно-ремонтной станции IR550Aplus. Для пользования видеоустановщиком и камерой видеомониторинга пайки необходим монитор – автономный или в составе компьютера с фреймграббером, принимающим сигнал (PAL) с видеокамеры.

Процедура позиционирования несложна. Микросхему поднимают вакуумным захватом над зоной платы, в которую в итоге она должна быть установлена. В образовавшийся зазор между платой и микросхемой вводят оптическую головку, через зеркальную систему которой на монитор одновременно передаются изображения контактных площадок платы с зеленой подсветкой и выводов BGA-микросхемы, подсвеченных красным. С помощью микрометров перемещения столика добиваются точного совмещения на экране изображений выводов BGA-микросхемы и контактных площадок платы, то есть "зависания" микросхемы точно над площадками. Затем опускают микросхему до касания с платой, на которую предварительно нанесли флюс. Плавное перемещение рамки с платой из зоны установки PL550A в зону пайки станции IR550Aplus осуществляется на подшипниках по направляющим полозьям.

#### Инструменты контактной бессвинцовой пайки

В комплект поставки паяльно-ремонтного центра IR550Aplus включен универсальный высокоскоростной паяльник ERSA TechTool с подставкой-держателем, но это лишь "вершина айсберга" возможностей микропроцессорной паяльной станции Digital2000A, встроенной в корпус IR550Aplus (рис. 1). К управляющему блоку Digital2000A с цифровой регулировкой температуры в диапазоне 50-450 °C кроме паяльника TechTool (рис. 2) могут быть подключены еще четыре



**Рис. 2. Универсальный паяльник TechTool**

полезных инструмента контактной пайки и демонтажа, все в антистатическом исполнении:

- микропаяльник MicroTool 25 Вт (рис. 3) с малоинерционным керамическим нагревателем и долговечным жалом, особенно удобный для поверх-



**Рис. 3. Микропаяльник MicroTool**

ностного монтажа миниатюрных компонентов (высокотемпературная пайка бессвинцовых припоев маломощным паяльником значительно ускоряется благодаря подогреву печатной платы нижним излучателем станции IR550Aplus)

- мощный паяльник PowerTool 80 Вт (рис. 4) с малоинерционным керамическим нагревателем и долговечным жалом, используемый для операций объемного монтажа, требующих высокой термостабильности и повышенной мощности при пайке многослойных печатных плат и массивных соединений (с учетом эффективной теплопередачи полых паяльных жал фирмы ERSA и большого запаса мощности этот 80-ваттный паяльник не уступает по производительности обычному 150-ваттному, при этом обратная связь обеспечивает достаточно высокую стабильность температуры, что особенно важно при бессвинцовой пайке)



**Рис. 4. Мощный паяльник PowerTool**

- вакуумный термоотсос X-Tool (рис. 5) с компактным модулем компрессора, обеспечивающий тягу в импульсном режиме 0.5 бар / 55 мс, имеющий сверхмалоинерционные керамические нагреватели и долговечные наконечники (термоотсос используется для быстрого демонтажа микросхем, дискретных компонентов и штыревых соединителей из отверстий, в том числе из многослойных печатных плат, выполненных по бессвинцовой технологии)



**Рис. 5. Вакуумный термоотсос X-Tool**

- термopinцет ChipTool 2x20 Вт (рис. 6) с малоинерционными керамическими нагревателями и долговечными насадками, используемый для быстрого демонтажа компонентов – от чипов





**Рис. 6. Термопинцет ChipTool**

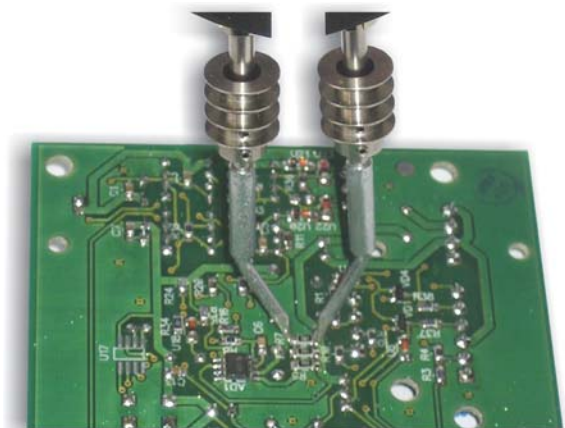
0201 до микросхем в корпусах SOIC, QFP и PLCC, по которым нет смысла "палить из инфракрасной пушки" станции IR550Aplus (высокотемпературный демонтаж микросхем термопинцетом, как показано на рис. 7, при бессвинцовой технологии значительно ускоряется благодаря подогреву печатной платы нижним излучателем паяльно-ремонтной станции IR550Aplus).

### Три слагаемых эффективности инструмента ERSA

Применительно к ручному паяльному инструменту контактного типа, как и в случае с корпусами BGA, особенность бессвинцовой пайки заключается в температуре, которая на 30-40 градусов Цельсия выше традиционной, то есть близка к критической для электронных компонентов. Температура пайки должна выдерживаться с достаточной точностью, а длительность формирования паяного соединения строго соблюдаться. Требование термостабильности относится к качеству паяльного инструмента, а продолжительности пайки – к дисциплине радиомонтажника. Обеспечение высокой термостабильности (в идеале независимо от массы и теплопроводности паяемых объектов) предполагает контроль температуры как можно ближе к фактической точке пайки, а также быструю компенсацию тепловых потерь жала. Конкурирующие фирмы-производители паяльного инструмента приближаются к идеалу каждая по-своему. Каким образом реализованы эти условия в инструменте ERSA? Три слагаемых формируют технические достоинства лучших моделей паяльных инструментов ERSA для профессионального применения:

1. Высокочувствительный термодатчик расположен на расстоянии нескольких миллиметров от фактической точки пайки (см. жало в разрезе на рис. 8), что обеспечивает максимальную оперативность отслеживания температуры в контуре управления. Критически важный оконечный участок паяльного жала для повышения теплопроводности выполнен из серебра.

2. Применяются малогабаритные малоинерционные PTC-нагреватели фирмы ERSA, электрическое сопротивление которых увеличивается с ростом температуры. При включении инструмент быстро выходит на рабочую температуру, которая затем стабилизируется с помощью цифрового блока управления. Кстати, благодаря автоматическому снижению мощности после нагрева PTC-нагреватели чрезвычайно



**Рис. 7. Демонтаж чипа термопинцетом**

редко перегорают, что обеспечивает большой срок их эксплуатации.

3. Область нагрева локализована на конечном участке нагревателя, вводимого в полость паяльного жала, так что доставка тепловой энергии в точку пайки осуществляется с высоким КПД. Критически важный оконечный участок паяльного жала для повышения теплопроводности выполнен из серебра. Локальная теплопередача и отсутствие массивных элементов в конструкции паяльника предотвращают побочный нагрев рукоятки: в этом секрет компактности и легкости (от 25 г) лучших паяльников фирмы ERSA.

Читатель, вероятно, заметил, что электронному блоку управления паяльной станции уделено гораздо меньше внимания, чем нагревательному элементу паяльника. Да, именно таково соотношение этих слагаемых в интегральном качестве любой паяльной станции. Электронные блоки паяльных станций с микропроцессорной начинкой предоставляют сегодня весьма схожие функции сервиса: хранение установок, распознавание вида инструмента, вход по паролю, автоматическое переключение в спящий режим, выбор режима термокомпенсации (медленный и безопасный асимптотический, либо быстрый, но с "перехлестами" над целевым значением температу-



**Рис. 8. Паяльное жало ERSA 612 в разрезе**

ры), иногда связь с компьютером и накопление статистики, еще реже – алгоритмы fuzzy logic управления мощностью. Функция калибровки позволяет на холостом ходу паяльника свести до нуля отличие показаний дисплея от реальной температуры паяльного жала, измеренной внешним термометром, поверенным и утвержденным на предприятии в качестве средства измерения. Но как только дело доходит до температуры рабочей части жала в динамике при выполнении производственной пайки показания дисплея будут отличаться от реальной температуры на рабочем конце жала, и разброс отличий может удивить приверженцев даже самых дорогих паяльных станций. Причина – все тот же нагревательный элемент и способ управления температурой.

#### Паяльное жало как фактор рентабельности

Обратите внимание: отнюдь не цена паяльника с цифровым блоком управления, а паяльные жала определяют совокупные затраты при интенсивной эксплуатации паяльной станции в течение многих лет! Учитывая этот факт, фирма ERSA воздерживается от изготовления дорогих композитных жал с интегрированным нагревательным элементом и термопарой, а также паяльных жал с фиксированной температурой, имеющих слишком узкий диапазон мощности. Точность поддержания температуры паяльного жала должна быть достаточной для качественной пайки и оптимизирована с учетом цены новаторских решений для потребителя: такова позиция фирмы ERSA. К концу года мы увидим новое поколение ручного инструмента ERSA с улучшенными характеристиками, однако для решения сегодняшних задач бессвинцовой ручной пайки пригоден существующий инструмент фирмы ERSA, прежде всего – паяльники TechTool и PowerTool, для которых характерно сочетание точного контроля температуры с большим запасом мощности. При ремонтных работах на многослойных платах с массивными теплоотводящими элементами, если мощность микропаяльника MicroTool окажется недостаточной для бессвинцовой пайки, то для подогрева платы можно использовать нижний инфракрасный излучатель станции IR550Aplus. Между прочим, в аналогичном корпусе ERSA теперь выпускает автономный подогреватель IRHP-200 с рабочей областью 260×135 мм, мощностью 800 Вт и цифровым блоком управления. Он рекомендуется для бесконтактного подогрева печатных плат при бессвинцовой пайке ручным инструментом малой мощности, может использо-



Рис. 9. Комплект жал и демонтажных насадок

ваться для оплавления паяльной пасты, восстановления выводов BGA-микросхем, сушки и подогрева компонентов; комплектуется недорогим отечественным столиком-держателем плат Аверон АДП-500 вместо столика PCBXY фирмы ERSA.

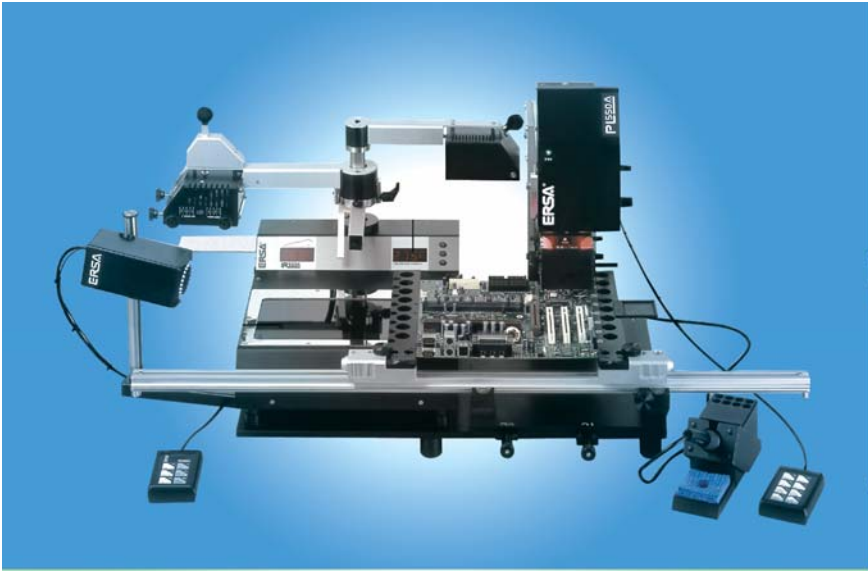
Ассортимент паяльных жал и насадок для демонтажа включает более сотни разновидностей, наиболее популярные сочетания которых предлагаются фирмой ERSA в виде комплектов (рис. 9). Предлагаемые формы жал и насадок позволяют повысить производительность ручных паяльно-ремонтных работ, а долговечность жал способствует сокращению затрат. Кстати, уже два года фабричное лужение жал ERSA осуществляется без свинца: это еще один штрих комплексного подхода ERSA к бессвинцовой пайке.

#### IR550Aplus – невозможного мало, IR650A – невозможного нет

Есть платы, которые "не по зубам" паяльно-ремонтному центру IR550Aplus. Например, многопроцессорные цифровые коммутаторы площадью в пол квадратного метра, толщиной больше 10 мм и ценой в несколько тысяч долларов. Ремонт подобных плат действительно стоит свеч (в отличие, скажем, от ремонта дешевых плат, залитых компаундом). Если есть потребность, значит будет и инструмент. Точнее, он уже есть: это новый комбайн фирмы ERSA IR650A. Устройство очень мощное и дорогое (на порядок дороже младшей модели – IR500A), однако и заказчики ее совсем не бедные, так что фактор цены не станет тормозом прогресса.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Медведев А.М. "Бессвинцовые технологии монтажной пайки. Что нас ожидает?"//Электронные компоненты, 2004, № 11.



## ERSA – ЭЛЕМЕНТ СТАБИЛЬНОСТИ

Инфракрасные паяльно-ремонтные центры

Микропроцессорные и аналоговые  
паяльные станции

Системы визуального контроля

Ручной паяльный инструмент и широкий  
выбор аксессуаров

[www.symmetron.ua](http://www.symmetron.ua)  
[info@symmetron.ua](mailto:info@symmetron.ua)

ГРУППА КОМПАНИЙ СИММЕТРОН:

Киев (044) 239-2065, 494-2525 Харьков (057) 758-0391, 758-0690

официальный дистрибьютор

**СИММЕТРОН**  
г р у п п а к о м п а н и й