

Непаяные соединения, выполняемые запрессовкой —

новый класс соединений на российском рынке электронной техники

Федор Плотников

techno@elserv.ru
w ww. elserv .ru

Введение

Непаяное соединение, выполняемое запрессовкой — это получаемое запрессовкой соединение между особым образом спрофилированным контактом и сквозным металлизированным отверстием в печатной плате. Они принадлежат к категории неразъемных соединений, образующихся за счет холодной деформации фрагментов соединяемых элементов и существующих в самых разнообразных вариациях (рис. 1). Высокие механические и электрические характеристики достигаются за счет возникающих в ходе запрессовки радиальных усилий F_n , воздействующих со стороны запрессовываемой части контакта на боковые стенки сквозного металлизированного отверстия (рис. 2).

В течение многих десятилетий соединения данного класса пользуются высокой популярностью в электрической и электронной областях промышленности всего мира благодаря следующим преимуществам:

- высокая механическая прочность на растяжение;
- высокая устойчивость к вибрационным нагрузкам;
- отсутствие необходимости в нагреве для образования соединения (в ряде случаев данное обстоятельство играет решающую роль);
- коррозионная стойкость за счет герметичности контакта;

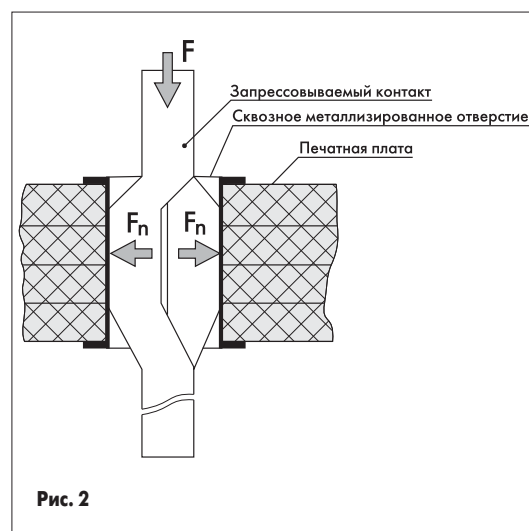


Рис. 2

- экономичность;
- простота ремонта (благодаря отсутствию нагрева);
- гигиеничность производства (благодаря отсутствию флюсов и припоев)
- высокая надежность

Однако это еще не все.

Впрессовывание разъемов с десятками и сотнями штырей ускоряет процесс монтажа (по сравнению с пайкой) в 3–4 раза. Отсутствие процессов пайки позволяет избежать выполнения операций очистки от остатков флюсов и технологических загрязнений. Предварительное покрытие печатной платы электроизоляционной маской избавляет от необходимости нанесения влагозащитных покрытий. К тому же при лакировании печатных плат существует опасность случайного нежелательного нанесения лака на контактные поверхности и, как следствие, цементации «плавающих» в корпусе разъема контактов.

В конечном итоге монтаж разъемов на панелях методом запрессовки контактов в металлизированные отверстия печатных плат — это высокотехнологичный и высокопроизводительный метод реализации непаяных соединений

Технология запрессовки родилась не на пустом месте, а явилась логическим продолжением развития технологии многослойных печатных плат. Поэтому для наиболее полного понимания ее основ и принципов, которые будут рассмотрены ниже, стоит прежде всего обратиться к истории ее создания.

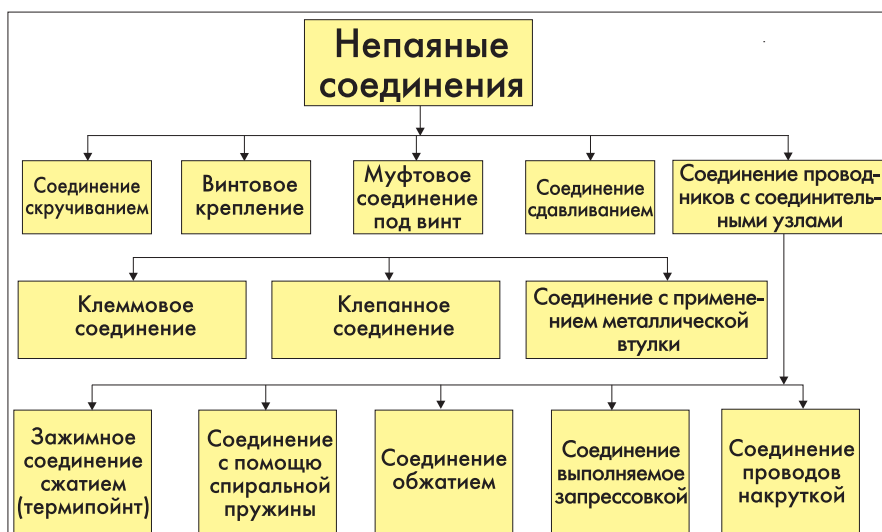


Рис. 1. Классификация непаяных соединений и место соединений, выполняемых запрессовкой, в этой классификации

Немного истории

Своим рождением технология запрессовки обязана быстрым темпам развития технологии многослойных печатных плат. Более 20 лет назад инженерная мысль обеспечила возможность создания печатных плат с массивными слоями цепей питания. Однако радость специалистов оказалась недолгой. Все преимущества, которые получали производители от таких плат, нивелировались рядом новых серьезных проблем, с которыми никому до этого сталкиваться не приходилось. Во-первых, слишком мощный теплоотвод на этих цепях исключал возможность создания нормальных температурных режимов пайки, а во-вторых, пайка в «лесу» штырей разъемов на панели плохо поддавалась автоматизации. Последняя позволила бы отказаться от применения ручного инструмента, манипуляции которым в узком пространстве между рядами штырей оказались слишком трудным занятием.

Кроме того, в то время при пайке одиночных контактов изготовители сталкивались с проблемой их удержания в сквозном металлизированном отверстии до и во время пайки. С этой целью такого рода контакты изготавливались с поперечным сечением, размеры которого преднамеренно увеличивались по сравнению с размерами отверстий, в которые эти контакты устанавливались. То есть данная методика использовалась просто для фиксации контактов на печатной плате и исключения их проскальзывания в отверстия во время пайки. Само собой разумеется, что избыточные размеры контакта вынуждали уже тогда выполнять не просто установку контакта в отверстие, а именно его запрессовку. Однако это были лишь предпосылки рождения технологии запрессовки.

Сегодня, наверно, уже невозможно установить, кому первому пришла в голову мысль увеличить размеры поперечного сечения контакта и использовать запрессовку не только для удержания и фиксации контакта, но и для получения высоконадежного непаяного соединения, способного в будущем стать альтернативой паяному.

Сначала предпринимались попытки запрессовки контактов (штырей), которые сегодня

носят название жестких контактов (рис.3). Единственное, чем эти контакты отличались от обычных — это большие размеры поперечного сечения. Платы с впрыснутыми контактами использовались для макетных работ. На печатной плате выполнялись соединения, стандартные для всех макетов: цепи питания, цепи синхронизации и т. п. А накруткой выполнялись соединения, индивидуальные для конкретного макета.

Попытки запрессовать эти контакты в металлизированные отверстия и отказаться от пайки оказались безуспешными. И вот почему:

- большие производственные погрешности воспроизведения размеров сочленения штырей и отверстий печатных плат приводили к тому, что часть сочленений не имели тугой посадки. Штыри вываливались из отверстий;
 - материал основания платы, имевший в качестве связующего полимер, релаксировал, то есть со временем постепенно раздавался под действием напряжения запрессовки, и соединение ослабевало;
 - при температурах около 100 °С большая часть полимеров размягчалась и не удерживала запрессованный штырь.
- Кроме того, практика показала, что необходимы контакты, которые обеспечивали бы:
- невысокие усилия запрессовки;
 - отсутствие ослабления соединений со временем;
 - возможность использования в условиях, требующих обеспечения высокой надежности (без применения дополнительной пайки);
 - исключение возможности повреждения печатной платы (а при возникновении какого-либо повреждения, чтобы оно возникало только на контакте);
 - запас большей части упругой энергии в контакте;
 - возможность повторного использования отверстия;
 - возможность использования отверстий с широким диапазоном диаметров.

Все эти проблемы требовали поиска новых решений. И решение (которое, в принципе, напрашивалось само собой) было найдено.

Для компенсации погрешностей и явлений релаксации на запрессовываемой части штыря в его конструкции стали предусматривать пружинящие элементы, которые при запрессовке контакта сжимались и сохраняли энергию сжатия неопределенно долгое время. Данные контакты, получившие название упругих (compliant pin) благодаря высоким преимуществам, практически полностью вытеснили жесткие контакты, сделав их лишь частью истории. С точки зрения допусков на диаметр сквозных металлизированных отверстий, деформации этих отверстий и усилия запрессовки, упругие контакты оказались более выгодными и эффективными.

В Советском Союзе тоже предпринимались попытки запрессовки контактов. Однако они были жесткими, и технология запрессовки использовалась только на этапе макетирования. Дальнейшее развитие эти первые шаги не получили, видимо, вследствие некоторого недо-

верия к соединениям данного класса и большей приверженности к паяным.

Во всем остальном мире с того времени (т.е. в течение уже двух десятилетий) были созданы самые разнообразные конфигурации пружинящих элементов (рис. 3), разработаны соответствующие стандарты (международный стандарт IEC 352-5 и военные стандарты MIL-C-28859 и MIL-C-288598), а технология запрессовки получила развитие по самым различным направлениям, заработала повсеместное признание и в настоящее время считается весьма перспективной.

Благодаря тому, что к настоящему времени российские специалисты уже осознали преимущества запрессовки, данная технология получает распространение и в России. Однако вследствие того, что для нашей страны запрессовка является новым и еще не освоенным процессом, в отношении нее существует большой информационный дефицит. Поэтому в некоторой степени данная статья направлена как на восполнение недостатка в сведениях о запрессовке, так и на привлечение новых сторонников этой технологии.

Основные компоненты пресового соединения

Для понимания механизма образования соединения прежде всего необходимо рассмотреть особенности конструкции запрессовываемого контакта и структуры сквозного металлизированного отверстия, то есть отличительные черты основных компонентов пресового соединения.

Начать следует с контактов. Вследствие большей популярности и большей эффективности мы будем рассматривать только упругие контакты.

Типовой запрессовываемый контакт, как правило, изготавливается из таких сортов медных сплавов, как олово-медь (бронза), цинк-медь (латунь) или бериллиевая медь. В зависимости от материала контакта требуются различные усилия запрессовки. Выбор материала определяется размерами и назначением контактов.

Запрессовываемый контакт. Запрессовываемый контакт состоит из части для сочленения с ответным соединителем, запрессовываемой части, заходной части и части, предназначенной для монтажа накруткой или установки корпуса соединителя (рис. 4).

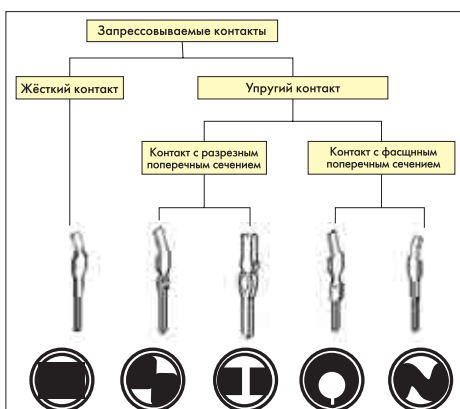


Рис. 3. Классификация соединений, выполняемых запрессовкой (представлены наиболее характерные конфигурации поперечных сечений)



Рис. 4. Конструкция запрессовываемого контакта

Часть контакта для сочленения с ответным соединителем. Данная часть может иметь или форму штыря (в случае, если ответным соединителем является розетка), или форму лиры (в случае, если ответным соединителем является вилка). В случае если контакт в этой части имеет форму штыря, усилие запрессовки прилагается к создаваемым именно с этой целью буртикам. Иначе, если контакт имеет лирообразное окончание, усилие запрессовки прилагается на дно лиры, как на самый удобный и самый прочный для этих целей элемент конструкции. Как правило, эта часть встраивается в корпус соединителя, и именно она отвечает за удержание контакта в соединителе.

Запрессовываемая часть контакта. Основную роль в образовании соединения играет запрессовываемая часть контакта. Как видно из рис. 3, ее конфигурация (в поперечном сечении) может быть самой разнообразной. Главная задача, которую должна выполнять конструкция этой части контакта, — создание длительной во времени силы упругости, направленной на боковые стенки сквозного металлизированного отверстия. Размер поперечного сечения контакта в запрессовываемой части должен соответствовать диаметру отверстия, на который данный контакт рассчитан. Длина запрессовываемой части контакта должна соответствовать толщине печатной платы, в которую он устанавливается. Поверхность запрессовываемой части контакта должна быть свободна от царапин, вредных загрязнений и следов коррозии.

Заходная часть контакта. Этот фрагмент конструкции играет существенную роль при запрессовке, так как ориентирует контакт надлежащим образом при его входе в отверстие и обеспечивает плавный характер деформации как запрессовываемой части самого контакта, так и боковых стенок металлизированного отверстия. Если бы этой части не было, внедрение контакта могло бы привести к многочисленным разрывам в металлизации боковых стенок отверстия.

Часть контакта под монтаж накруткой или установку корпуса соединителя. Данная часть контакта (рис. 5) является необязательным конструктивным элементом. Существуют контакты и без этой части. Данный конструктивный элемент выполняется с целью расширения функциональных возможностей запрессовываемых контактов.

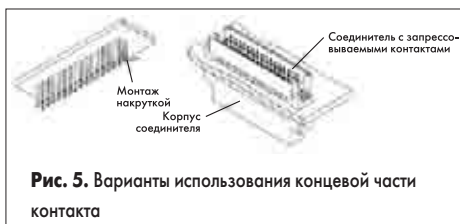


Рис. 5. Варианты использования концевой части контакта

Все кромки контакта выполняются с учетом исключения вероятности повреждения отверстия при запрессовке.

Запрессовываемые контакты (в рабочем положении на плате) проходят визуальный контроль и затем испытываются на изгиб, на усилие запрессовки, усилие демонтажа, виброус-

тойчивость, контактное сопротивление, электрическую нагрузку при воздействии повышенной температуры и климатiku.

Сквозные металлизированные отверстия. Сквозные металлизированные отверстия имеют структуру, представленную на рис. 6, и выполняются в печатных платах номинальной толщиной 1,5–6,4 мм, изготавливаемых из стеклоэпоксидов типов G10, G11, FR5 согласно стандартам NEMA, типа Hgw согласно стандарту DIN 7735 и типа EP согласно стандарту DIN 40802. Печатные платы должны соответствовать стандартам IEC 326-3, IEC 326-5 и IEC 326-6.

Как правило, сквозные металлизированные отверстия выполняются с контактными площадками, которые повышают механическую стойкость внутреннего покрытия.

Требуемая величина толщины медного покрытия в сквозных металлизированных отверстиях под запрессовку превышает величину аналогичного параметра в случае отверстий под пайку. Однако и допуски на эту толщину, соответственно, выше (например, 25–75 мкм). Слишком тонкие слои медного покрытия могут привести к увеличению усилий запрессовки.

При нанесении свинцово-оловянного покрытия крайне важно избегать получения слишком толстого его слоя, так как в этом случае его частицы будут вытесняться из отверстия любым запрессовываемым контактом (что является крайне нежелательным явлением).

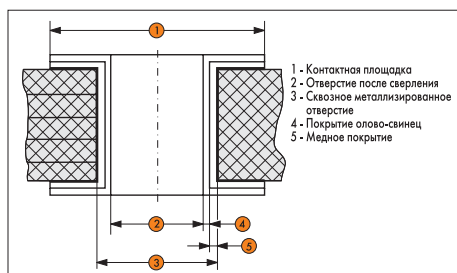


Рис. 6. Структура сквозного металлизированного отверстия

В процессе формирования металлизированного отверстия при необходимости свинцово-оловянное покрытие может и не наноситься (в таком случае это будет чисто медное отверстие). Однако, как правило, оно присут-

ствует как на самих платах, так и в их отверстиях, играя роль защитного, а при запрессовке — «смазочного» покрытия.

Внутреннее (оловянное или свинцово-оловянное) покрытие отверстий в печатных платах может быть нанесено гальваническим методом или методом оплавления. Однако предпочтительным является метод гальванизации. В процессе гальванического нанесения свинцово-оловянного покрытия осаждение происходит более интенсивно на краях отверстия, а не посередине (имеется в виду не диаметр, а глубина отверстия). Во время оплавления (которое используется во многих процессах изготовления печатных плат из-за расположенных на поверхности элементов) профиль свинцово-оловянного покрытия в отверстии определяется силами поверхностного натяжения расплавленного свинцово-оловянного покрытия, приводящими к получению более толстого слоя в середине отверстия. Это приводит к различию внутренних диаметров в этом отверстии до и после оплавления.

Технология запрессовки требует не только обращать внимание на конечный диаметр отверстия в печатной плате (что обычно и делается при реализации паяных соединений), но и требует назначать и соблюдать определенные допуски на всю структуру отверстия. Это касается и диаметра отверстия после сверления (в первую очередь), и толщины медного покрытия (во вторую), и толщины свинцово-оловянного (припойного) покрытия (в третью) — то есть всех размеров, формирующих диаметр конечного отверстия, на который тоже назначаются допуски (табл. 1).

При формировании отверстия под запрессовку его диаметр после сверления больше, чем при получении металлизированного отверстия под пайку. Данный диаметр должен соблюдаться самым тщательным образом, так как именно он является основным параметром, оказывающим максимальное влияние на усилие запрессовки и выпрессовки (демонтажа).

Количество параметров структуры отверстия превышает количество параметров, обычно учитываемых при работе с платами, рассчитанными на пайку. Однако это обстоятельство никоим образом не усложняет процесс формирования отверстий под запрессовку, так как для получения заданных номина-

Таблица 1. Допуски на диаметры готового сквозного металлизированного отверстия

Диаметр готового сквозного металлизированного отверстия, мм	Толщина металлического покрытия сквозного металлизированного отверстия	Диаметр отверстия после сверления, мм
Упругий запрессовываемый контакт		
0,55 ± 0,03		
0,6 ± 0,03		
0,75 ± 0,06		
- 0,10		
0,8 ± 0,05***		0,9 ± 0,025
0,9 ± 0,07***		1,0 ± 0,025
1,0 ± 0,08***		1,15 ± 0,025
1,2 ± 0,09		
1,5 ± 0,09***		
1,6 ± 0,09***		1,75 ± 0,025
2,0 ± 0,09		
	Медь ≥ 25 мкм или медь ≥ 25 мкм плюс олово или олово-свинец ≤ 15 мкм	

Примечание. Диаметры отверстий, отмеченные тремя звездочками, являются предпочтительными.

лов и допусков конечных отверстий достаточно строгого соблюдения допусков, назначаемых на различных этапах формирования конечного отверстия.

Механизм образования соединения

Запрессовка контакта начинается с подачи на его опорные поверхности (буртики или дно лиры) усилия запрессовки, составляющего максимум 20 кг (в зависимости от сочетания размеров контакта и отверстия). Под воздействием этого усилия предварительно установленный контакт начинает входить в сквозное металлизированное отверстие печатной платы. Сначала в соприкосновении с отверстием входит заходная часть, внедряющаяся в поверхностный слой покрытия отверстия и смещающая некоторую часть этого покрытия для начала формирования зоны электрического контакта. При этом начинается макроскопическая упругая деформация как запрессовываемой части контакта, так и боковых стенок отверстия. В ходе продолжающегося воздействия усилия запрессовки в действие вступает запрессовываемая часть, которая благодаря упругой деформации адаптируется под диаметр отверстия, не повреждая его. Таким образом обеспечивается плавное равномерное возрастание давления на стенки отверстия, а в зоне контакта формируется соединение, аналогичное соединениям, получаемым холодной сваркой. Упругий контакт самостоятельно встает в вертикальное положение при скольжении по стенкам отверстия (т.е. самовыравнивается) и образует зону плотного герметичного электрического контакта между собой и сквозным металлизированным отверстием, гарантируя долговременное надежное электрическое межсоединение и механическую надежность. Плотность электрического контакта обеспечивается взаимно действующими радиальными усилиями (со стороны

штыря и со стороны отверстия), а герметичность электрического контакта достигается за счет наплыва поверхностного слоя покрытия боковых стенок отверстия по всему периметру зоны контакта после запрессовки (рис. 7), который заодно и запирает штырь в отверстии. При этом остаточное усилие упругой деформации поддерживает запасенную энергию и обеспечивает устойчиво высокую во времени надежность соединения.

Степень же окончательной деформации в конечном итоге определяется соотношением внутреннего диаметра сквозного металлизированного отверстия и размера поперечного сечения запрессовываемой части контакта по диагонали. Текущая степень деформации находится в прямой зависимости от усилия запрессовки. Чем выше усилие запрессовки, тем выше степень деформации. Графически данную зависимость можно представить диаграммой, изображенной на рис. 8.



Рис. 8. Зависимость степени деформации от усилия запрессовки

О приспособлениях

Как правило, для запрессовки контактов в печатную плату требуются специальные приспособления. Оно оказывает усилие запрессовки на элементы контакта, специально разработанные и предназначенные для этих целей. Кроме того, приспособление обеспечивает заданную глубину запрессовки контакта в печатную плату за счет использования ограничителя глубины.

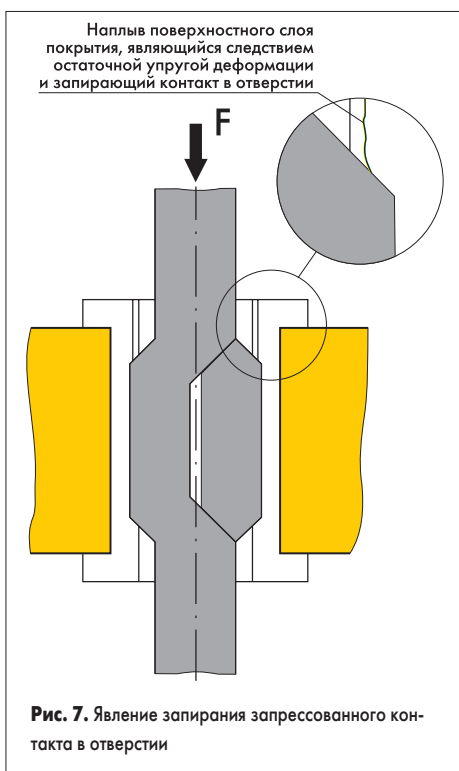


Рис. 7. Явление запираения запрессованного контакта в отверстии

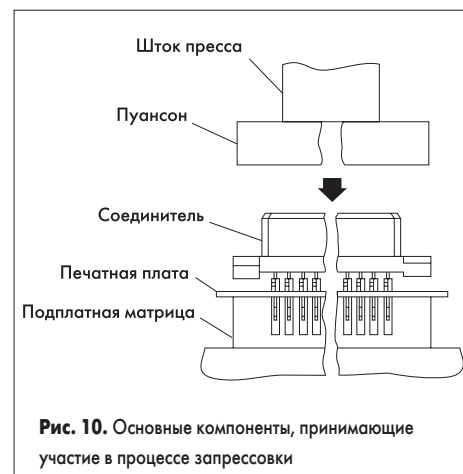


Рис. 10. Основные компоненты, принимающие участие в процессе запрессовки

В общих чертах приспособление для запрессовки представляет собой комплект компонентов, устанавливаемых на ручной или автоматический пресс с плавным ходом штока (рис. 9) и усилием, достаточным для запрессовки соединителей, подлежащих установке. При выборе пресса для впрессовывания разъемов в плату необходимо учитывать суммарное усилие, которое, например, для разъема со 160 контактами может составлять 3,2 тонны.

Основными компонентами комплекта для запрессовки одиночных контактов и соединителей с запрессовываемыми контактами являются пуансон (передающий давление со штока пресса на соответствующие опорные поверхности контакта) и подплатная матрица, обеспечивающая дополнительную жесткость платы (рис. 10).

Конструкция пуансона для запрессовки соединителей с запрессовываемыми контактами зависит от того, является ли данный соединитель розеткой или вилочкой. Пуансоны для запрессовки розеточных и вилочных соединителей изображены на рис. 11.

В отличие от пуансонов для запрессовки вилочных соединителей с их простотой конструкции, пуансоны для запрессовки розеточных соединителей представляют собой более сложное и точное техническое изделие вследствие особенностей самих соединителей.

В розеточных соединителях контакты немного утоплены в тело корпуса и, как уже говорилось выше, имеют лирообразное окончание, в которое при сочленении соединителей входит штыревой контакт ответного соединителя. Сложность конструкции пуансона обусловливается еще и тем, что само лирообразное окончание контакта находится в довольно узкой прямоугольной ячейке корпуса соединителя, и малейшее отклонение конструктивных элементов пуансона в сторону может привести к повреждению как самого контакта, так и корпуса соединителя, в котором данный контакт установлен. Вследствие указанного обстоятельства все пуансоны для запрессовки розеточных соединителей имеют общую конструкцию, представленную на рис. 12.

Вторым компонентом комплекта для запрессовки одиночных контактов и соединителей с запрессовываемыми контактами является подплатная матрица. Она поддерживает печатную плату в местах, максимально прибли-

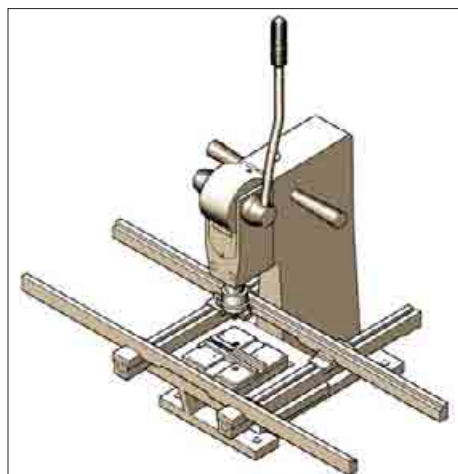
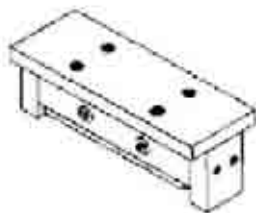


Рис. 9. Ручной пресс для запрессовки контактов



Пуансон для запрессовки
вилочных соединителей



Пуансон для запрессовки
разеточных соединителей

Рис. 11. Разновидности пуансонов

женных к отверстиям, в которые запрессовываются контакты, и изготавливается с габаритами, достаточно большими для поддержки печатной платы в целях предотвращения ее изгиба.

Используются различные виды подплатных матриц (рис. 13). Некоторые имеют длинные канавки, в которые позиционируются запрессованные контакты. Такие матрицы удобно использовать при конвейерном характере выполнения операции запрессовки. В других матрицах выполняется большое количество отверстий соответственно отверстиям для запрессовки на плате. Такие матрицы обеспечивают максимальное качество соединений, однако не позволяют передвигать плату с одной позиции в другую и вынуждают приподнимать ее. Данные матрицы непригодны для массовой запрессовки.

Подплатные матрицы изготавливаются из металла (например, из стали или алюминия) или из прочной пластмассы. В любом случае из материала, обладающего прочностью, достаточной для выдерживания усилий запрессовки. Кроме того, глубина канавок/отверстий в матрице должна быть больше длины той части контакта, которая выступает из платы после запрессовки. Данное обстоятельство становится особенно актуальным при запрессовке контактов, предусматривающих последующий монтаж накруткой.

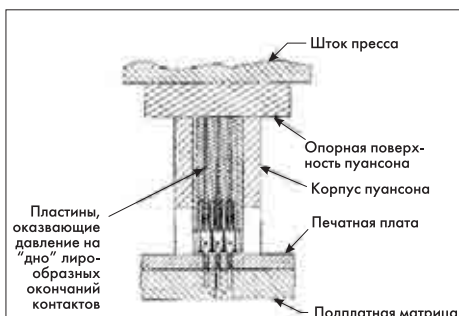


Рис. 12. Поперечное сечение пуансона для запрессовки розеточных соединителей

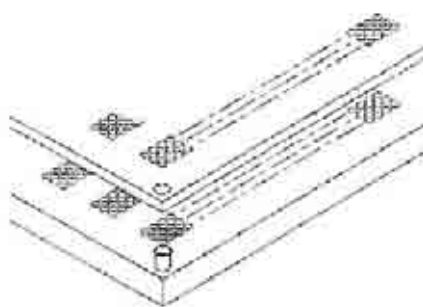
Все эти приспособления позволяют добиться высокого качества получаемых результатов. Однако это не избавляет исполнителя от необходимости соблюдения аккуратности и осторожности, так как операция запрессовки является достаточно точным технологическим процессом, и малейшая невнимательность чревата повреждениями контактов, соединителей и печатных плат.

Процедура запрессовки

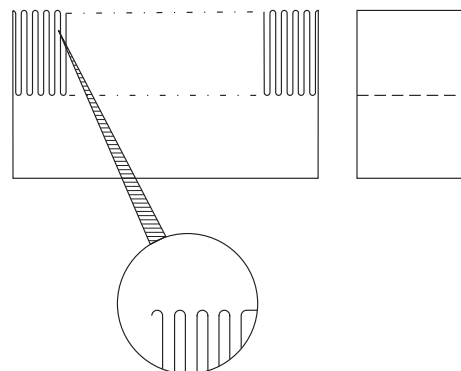
Операция запрессовки выполняется на одном рабочем месте, оборудованном прессом и соответствующими приспособлениями. За рубежом операция запрессовки является уже отработанной процедурой. В России освоение запрессовки только начинается, и поэтому четкой последовательности и требований к технологическому процессу (ТП) еще не существует.

Зарубежный и уже существующий некоторый российский практический опыт указывает на необходимость предварительной наладки пресса до монтажа остальных соединителей, подлежащих запрессовке. Такого рода наладка (заключающаяся в настройке длины рабочего хода штока пресса) позволяет избежать как недозапрессовки соединителей (что в дальнейшем чревато нарушением сочленения данных соединителей с ответными ча-

- Установка на технологическую плату технологического соединителя.
- Визуальная проверка положения соединителя на плате согласно чертежу.
- Изъятие технологической платы из контейнера (с наживленным технологическим соединителем), установка платы на направляющие пресса с предварительной их настройкой и фиксацией по габаритам платы и настройка высоты штока пресса по технологическому соединителю согласно инструкциям фирмы-изготовителя пресса.
- Опускание штока пресса до входа пуансона в контакт с технологическим соединителем и выполнение пробной запрессовки.
- Снятие платы с направляющих и помещение ее обратно в контейнер.
- Контроль качества выполненного соединения.
- Установка на штатную плату соединителя согласно чертежу.
- Визуальная проверка положения соединителя на плате согласно чертежу.
- Изъятие платы из контейнера и установка ее на направляющие пресса.
- Визуальная проверка плотности прилегания платы к матрице и попадания всех выводов в соответствующие пазы/отверстия подплатной матрицы.



Подплатная матрица с отверстиями



Подплатная матрица с канавками

Рис. 13. Разновидности подплатных матриц

стями), так и избыточной запрессовки, которая может привести к разрушению и корпуса соединителей, и структуры сквозного металлизированного отверстия. Этап наладки приобретает особенно актуальное значение при работе с соединителями разного типоразмера и платами разной толщины. Для наладки предлагается использовать технологические соединители и печатные платы, являющиеся полными аналогами тех компонентов, которые будут участвовать в дальнейшем ТП.

По состоянию на сегодняшний день (исходя из практического опыта), технологический процесс запрессовки соединителей можно представить в виде следующей последовательности действий:

- Проверка комплектности соединителей и их соответствие спецификации.
- Установка и фиксация пуансона на штоке, а подплатной матрицы — на станине пресса.

- Опускание штока пресса до входа пуансона в контакт с соединителем и выполнение запрессовки.
- Перемещение следующего соединителя под шток пресса.
- Повтор переходов 13–14 в отношении всех остальных соединителей.
- Снятие платы с направляющих пресса и помещение ее обратно в контейнер.
- Контроль качества запрессовки.

Западные фирмы-производители рекомендуют выполнять запрессовку соединителей на платы с уже установленными компонентами. Однако практика показывает, что такой подход не всегда приемлем. При высоком уровне заселенности платы может оказаться недостаточно пространства для размещения подплатной матрицы (особенно если соседние компоненты имеют длинные выводы). В таких ситуациях более целесообразным является выполнение запрессовки до установки компо-

нентов. Однако при запрессовке соединителей до пайки остальных компонентов в дальнейшем они могут подвергнуться избыточным тепловым воздействиям, способным оказать негативное влияние на качество соединения, выполненного запрессовкой. Нагрев приводит к ослаблению соединений: под действием нагрева «плывет» материал основания и пресовое соединение ослабляется. Но если пайка выполняется все же после впрессовывания контактов, необходимо принять меры к предотвращению нагрева пресовых соединений. В данной ситуации встает проблема взаимоприемлемого компромисса и необходимости оценки возможной степени влияния пайки соседних компонентов на качество уже запрессованных соединителей.

Области применения технологии запрессовки

Стандарт IEC 352-5 предусматривает 4 уровня применения соединений, выполняемых запрессовкой. Данные уровни установлены для градации необходимого минимального усилия демонтажа запрессовываемого контакта при различных условиях практических напряжений.

Уровень применения а) (рис. 14) определяет соединения, полученные запрессовкой и имеющие запрессовываемые контакты, подходящие для:

- соединений, полученных монтажом накруткой;
- установки/демонтажа сборок на основе печатных плат на стороне контактов, предназначенной для контактов соединителей (вилки или розетки);
- установки/демонтажа свободного соединителя на конце, предназначенном для монтажа накруткой.

При уровне применения а) усилие демонтажа должно составлять не менее 45Н для номинальных диаметров 0,8–2 мм сквозного металлизированного отверстия в печатной плате.

Уровень применения б) (рис. 15) определяет соединения, полученные запрессовкой и имеющие запрессовываемые контакты, подходящие для:

- соединений, полученных монтажом накруткой;
- установки/демонтажа сборок на основе печатных плат на стороне контактов, предназначенной для контактов соединителей (вилки или розетки).

При уровне применения б) усилие демонтажа должно составлять не менее 30Н для номинальных диаметров 0,8–2 мм сквозного металлизированного отверстия в печатной плате.

Уровень применения в) (рис. 16) определяет соединения, полученные запрессовкой и имеющие запрессовываемые контакты, подходящие для установки/демонтажа узлов на печатных платах без какого-либо дополнительного проводного соединения. При данном уровне применения усилие демонтажа должно составлять не менее 25Н для номинальных диаметров 0,8–2 мм сквозного металлизированного отверстия в печатной плате.

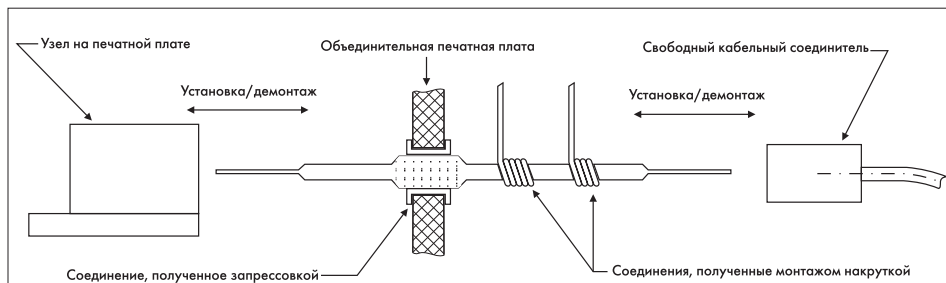


Рис. 14. Уровень применения а)

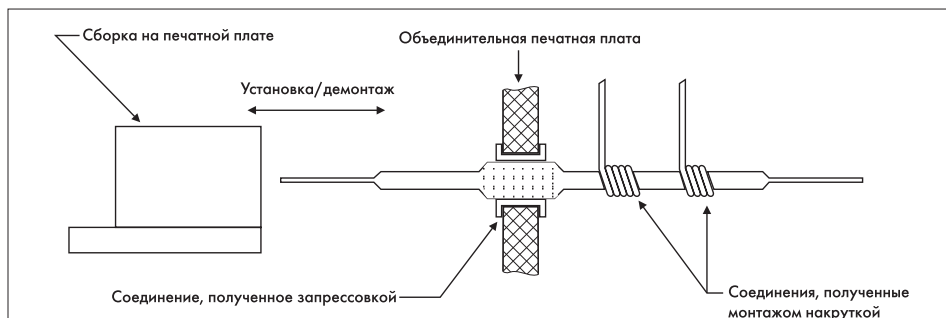


Рис. 15. Уровень применения б)

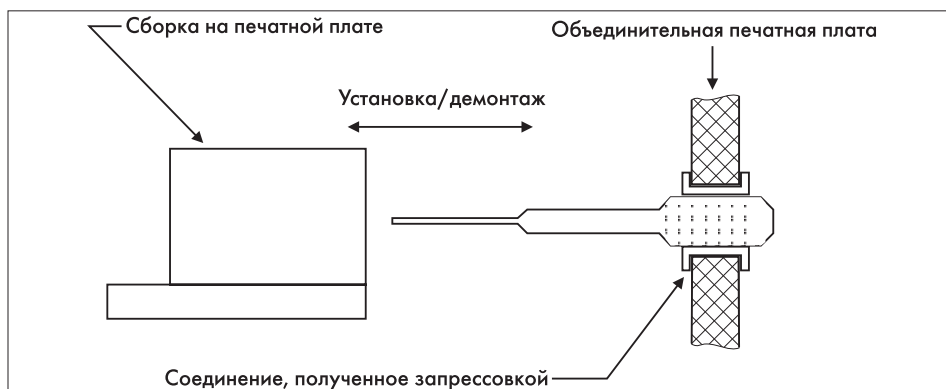


Рис. 16. Уровень применения в)

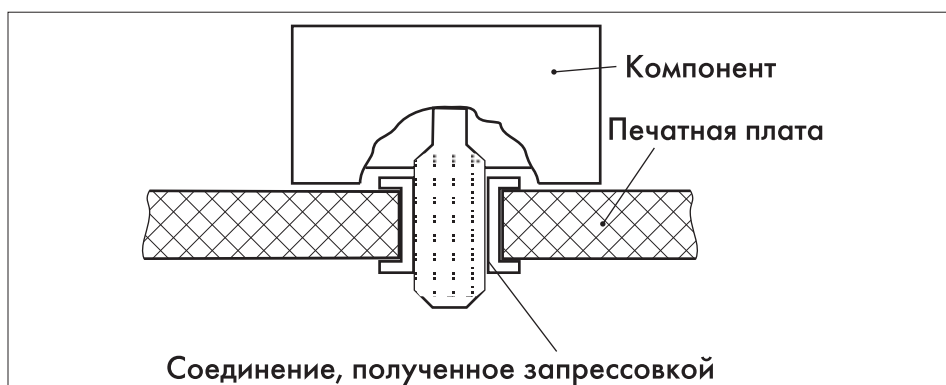


Рис. 17. Уровень применения д)

Уровень применения д) (рис. 17) определяет соединения, полученные запрессовкой, в которых участвуют запрессовываемые контакты, являющиеся частью вывода компонента и предназначенные для фиксации компонента, например, соединителя на печатной плате за счет использования запрессовки. При данном уровне применения усилие демонтажа должно составлять не менее 20Н для номинальных диаметров 0,8–2 мм сквозного металлизированного отверстия в печатной плате.

Направления развития технологии запрессовки

В электронике продолжает свое устойчивое развитие тенденция миниатюризации компонентов и интегральных схем. Однако в отличие от остальных компонентов до недавнего времени в миниатюризации соединителей не было значительных сдвигов. Сегодня уже появляются соединители с высокой плотностью расположения выводов. Такие соединители имеют те же габариты, что и

96-контактные соединители типа С (соответствующие DIN 41612), но отличаются значительно более высоким количеством контактов (172). Шаг выводов данных соединителей составляет 1,905 мм.

Для создания запрессовываемых соединителей с меньшим шагом выводов необходима разработка контактов с более компактной запрессовываемой частью. При конструировании запрессовываемой части контакта, предназначенного для установки в сквозное металлизированное отверстие диаметром меньше 1 мм, необходимо учитывать возможности массового воспроизведения такого контакта, а также технологические и экономические возможности производства печатных плат с точки зрения обеспечения более высоких допусков, которые потребуются для установки миниатюрного соединителя.

Миниатюризация запрессовываемых контактов может быть осуществлена постепенно. Сначала могут создаваться исполнения контактов для сквозных металлизированных отверстий диаметров 0,6 и 0,75 мм. Несмотря на такое снижение в диаметре, оба исполнения контактов предусматривают изготовление отверстий с допусками до 0,1 мм. Возможности современных технологических процессов позволяют создавать печатные платы под запресовку с сеткой 1,27 мм при диаметре сверленного сквозного отверстия 0,6 мм.

Проблемы технологии запрессовки

Несмотря на достаточно высокую степень освоения технологии запрессовки, в данной области существует масса проблем, которые до сих пор не решены ни за рубежом, ни тем более в России.

Например, до сих пор стоит вопрос о том, какие именно элементы конструкции платы принимают на себя напряженное состояние запрессованного контакта. Ими может быть металлизация отверстия. Но ее толщина всего 25 мкм. К тому же доля упругости меди составляет всего 0,5 % от общей деформации. Кроме того, таким элементом может быть стенка отверстия в стеклоэпоксидной композиции основания платы. Это очень важно для назначения требований к геометрии отверстия: или после металлизации, или после сверления.

Необходимо изучение зависимости напряженного состояния компонентов соединения от температуры для оценки влияния нагрева, возникающего при пайке после запрессовки контактов.

Необходимо определение степени влияния скорости запрессовки на характеристики и качество соединения.

Необходимо определение длительности напряженного состояния в соединении и оценка надежности системы в экстремальных условиях эксплуатации, что особенно важно для установления целесообразности применения технологии запрессовки в изделиях военного назначения (хотя за рубежом этот вопрос уже решен в положительную сторону и даже разработаны военные стандарты на соединения данного типа (MIL-C-28859 и MIL-C-288598)).

Наконец, самая важная и трудная проблема на сегодняшний день — это поиск методов и критериев оценки качества соединений, получаемых запрессовкой. Наиболее предпочтительными здесь явились бы неразрушающие методы контроля. Однако, к сожалению, сегодня во всем мире оценка качества прессовых соединений выполняется лишь по микрошлифам, снимаемым с образцов-свидетелей, что,

естественно, приводит к росту затрат на производство изделий электронной техники. Параллельно с этим за рубежом широко применяется метод конечных элементов, позволяющий еще до запрессовки оценить параметры соединения, подобрать оптимальные условия его получения и на выходе получить результаты, отличающиеся заведомо высоким качеством. Однако такой подход все же не дает возможности определить реальную картину прессового соединения.

Все эти проблемы для своего решения требуют проведения тщательных и широкомаштабных исследований.

Вместо заключения

Соединения, выполняемые запрессовкой, обладают высоким уровнем надежности, способным конкурировать с паяными соединениями. При этом они лишены тех проблем, которые традиционно сопровождают процессы пайки. Данные соединения сравнительно просты в реализации, требуют минимального комплекта оборудования и отличаются экономической эффективностью, экологичностью и ремонтпригодностью. Поэтому технологию запрессовки можно рассматривать в качестве более выгодной и перспективной альтернативы технологиям пайки.

В отличие от западных производителей, уже давно и основательно освоивших технологию запрессовки, российские фирмы только сегодня начинают применять запресовку в производстве своих изделий. Уже около десятка фирм, заинтересовавшихся запресовкой, пытаются интегрировать данную технологию в свои ТП. Однако делают они это и без надлежащих знаний, и без надлежащей квалификации. Причем данное обстоятельство особенно актуально для продукции военного назначения, производство которой предусматривает строгое следование всем соответствующим требованиям. Поэтому первой и основной задачей на сегодняшний день является разработка соответствующих ГОСТов и ОСТов, которые узаконили бы технологию запрессовки в России и явились бы документальным основанием для ее применения. А пока этого не произошло, необходимо распространять знания об этой технологии для подготовки производителей к ее принятию.