

Контрактное изготовление кабельных сборок на основе защищенных соединителей производства КНР

Современные автоматизированные системы и комплексы различного назначения (производственные, транспортные, телекоммуникационные и др.) содержат множество различных элементов (интеллектуальные датчики, исполнительных устройств, средств ввода/вывода, передачи и обработки информации и т. д.). Необходимость быстрого и надежного обмена данными (визуальной информацией, сообщениями, результатами измерений, командами управления) между ними приводит к непрерывному развитию используемых средств связи, как беспроводных, так и проводных.

Алексей Верещагин

a.vereshchagin@intrasoft-spb.ru

В настоящее время применительно к коммутируемым (разъемным) проводным линиям связи в специализированной литературе широкое распространение получил термин «кабельная сборка» (КС, cable assembly), пришедший в Россию из-за рубежа, где уже давно используется в стандартах Международной электротехнической комиссии (МЭК). КС — это изделие, объединяющее в единую конструкцию кабель и соединители. К сожалению, в отечественном Общероссийском классификаторе изделий и конструкторских документов ОК 012–93 (Классификатор ЕСКД) термин «кабельная сборка» отсутствует. Поэтому в конструкторской документации часто применяют разрешенный классификатором термин «соединение проводное» (классы 685611 и др.).

Современные конструктивно-технологические решения кабелей и соединителей позволяют создавать разнообразные КС — например, длиной от единиц миллиметров до нескольких десятков метров, а также гибкие, полугибкие, полужесткие и жесткие КС [1], КС для низкочастотных интерфейсов и высокочастотные коаксиальные. Основное преимущество применения готовых КС заключается в формуле «подключил — работает».

При этом эксплуатация аппаратуры промышленного назначения в суровых условиях требует, в частности, применения надежных, водо- и пыленепроницаемых соединителей со стойкими к коррозии контактами, кабельно-проводниковой продукции повышенной стойкости к внешним воздействующим факторам (рис. 1). С другой стороны, важным критерием выбора являются эргономичность и внешняя привлекательность используемых КС.

Производственно-технологическая среда многих отечественных предприятий, изготавливающих КС, несмотря на прошедшую программу технического перевооружения, сильно устарела. Выпуск КС зачастую осуществляется с применением руч-

ных инструментов. Очевидно, что при ручном изготовлении КС невозможно обеспечить крупносерийный выпуск продукции. Кроме того, подобное оборудование и инструмент в значительной степени не соответствует современным требованиям по функционированию в единой производственной информационной среде. Таким образом, из-за большой трудоемкости технологического процесса, а также недостатков ручного изготовления без гарантированной повторяемости характеристик изделий возникает необходимость внедрения автоматизированных производственных линий. Поэтому в настоящее время на отечественных предприятиях для изготовления КС постепенно внедряется специализированное автоматизированное оборудование различных производителей, объединяемое в непрерывные производственные линии.

Благодаря внедрению современных технологических средств существенно уменьшается трудоемкость изготовления КС, снижается влияние человеческого фактора, достигается высокая повторяемость параметров, обеспечивается надежность сборок,



Рис. 1. Пример КС с защищенными соединителями китайского производства

быстрое создание прототипов, проводятся верификация и валидационное тестирование, а также расширенное планирование качества продукции. Гибкость при реализации новых технологических решений становится ключевым фактором, позволяющим компаниям занимать лидирующие позиции на рынке.

Изготовление КС на современном автоматизированном оборудовании предполагает последовательное выполнение ряда следующих технологических операций.

1. Верификация (входной контроль) кабеля и соединителей.
2. Мерная резка и разделка кабеля.

Отмотка кабеля заданной длины и его резка осуществляются автоматически на высокоточном специализированном оборудовании, исключающем ошибки ручной разделки. Универсальные машины совмещают функции мерной резки и зачистки проводов, обеспечивая в том числе обработку внутренних жил многожильного кабеля (рис. 2) [2].

3. Монтаж соединителей.

Монтаж жил проводов к контактам соединителей осуществляется в основном с применением пайки. При монтаже соединителей используется современное оборудование и типовые технологические процессы (рис. 3). Это обеспечивает высокое постоянство параметров изготавливаемых сборок. В соответствии с санитарными правилами рабочие места монтажников должны быть оборудованы местной вытяжной вентиляцией.

4. Герметизация соединителей.

После обезжиривания обычно производится заполнение монтажного пространства соединителей клеём-герметиком с последующей полимеризацией в вытяжных шкафах с контролем температуры нагрева.

5. Маркировка.

Для маркировки КС используются термоусаживаемые трубки с текстом, напечатанным на специальном маркировочном принтере [1, 3].

6. Заливка компаундом (формование).



Рис. 2. Установки для резки и зачистки кабелей и резки термоусадочных трубок (по материалам АО «ИнтраСофт»)

Это основная операция всего технологического процесса.

Одним из наиболее распространенных методов заделки кабеля в соединители является литье (формование) полимерного материала под давлением (методом overmolding) на термопластавтомате (ТПА). Благодаря отработанной технологии обеспечивается надежная герметизация (вплоть до уровня IP 68 и выше) кабельных соединителей без воздушных включений, полостей и областей неоднородной полимеризации.

За счет полного заключения кабеля и контактной группы соединителя в инкапсулированную оболочку контакты соединителя надежно защищены от воздействия климатических факторов, вибрации, ударов и линейных ускорений. Данный метод образует



Рис. 3. Установка для монтажа контактов соединителей (по материалам АО «ИнтраСофт»)

прочный, защищенный от несанкционированного доступа барьер вокруг электрических соединений. Другие достоинства использования формования при производстве КС:

- обеспечивает надежную, долговечную и непрерывную работу КС даже в суровых условиях эксплуатации;
- повышает эстетическую привлекательность КС, позволяя создавать индивидуальный дизайн, отличающийся цветом, текстурой материала и наносимым фирменным знаком;
- обеспечивает большую свободу проектирования изделия, в то время как другие методы сборки КС (например, установка оболочек, хвостовиков, колпачков или кожухов) громоздки и имеют ограничения;
- сокращает количество человеческих ошибок и упрощает монтаж за счет изготовления единой сборки с визуальными указаниями, помогающими при ее стыковке с блоками;
- уменьшает затраты на кабельные изделия за счет увеличения надежности и долговечности КС.

Изготовление КС методом литья под давлением позволяет серийно выпускать идентичные изделия в больших объемах (сотнями и тысячами штук).

Наиболее важным требованием при формовании является обеспечение необходимых текучести и отвержения формовочного материала, а также совместимости (адгезии) между материалом и оболочкой кабеля, благодаря которой формовочный материал удерживается на кабеле и соединителе. При неправильном подборе материалов будет отсутствовать нужное термическое сцепление,



Рис. 4. ТПА производства КНР (по материалам АО «ИнтраСофт»)

Таблица.

Материал	Достоинства	Недостатки
Поливинилхлорид (ПВХ)	Прочный, с высокой устойчивостью к атмосферным воздействиям, пламени, химическим веществам, растяжению и истиранию. Может быть твердым и жестким или мягким и гибким.	Очень жесткий в холодную погоду.
Полипропилен (ПП)	Недорогой и универсальный. Высокая ударпрочность и износостойкость. Гибкий, с высоким порогом удлинения. Устойчив к кислотам и щелочам. Может стать хрупким при низких температурах.	Не подходит для воздействия ультрафиолета или применения при высоких температурах.
Акрилонитрилбутадиенстирол (ABS)	Прочный. Ударопрочный и химически стойкий. Широко используется в различных отраслях промышленности. Низкая усадка. Высокая стабильность размеров. Доступный по цене.	Низкая устойчивость к атмосферным воздействиям и растворителям. При горении образуется большое количество дыма.
Термопластичный полиуретан (TPU)	Высокая стойкость к истиранию. Высокая эластичность, что делает его отличным материалом для работы при низких температурах. Устойчивость к воздействию масла, жира и растворителей. Работает как резина, но обрабатывается как пластик. Устойчив к скольжению.	Не так экономичен, как другие материалы.
Термопластичный каучук (TPR)	Отличная устойчивость к атмосферным воздействиям. Высокая амортизация и гибкость. Мягкая текстура.	Склонен к деформации.
Полибутилтерефталат (PBT)	Прочность от умеренной до высокой. Может быть жесткой и гибкой. Высокая стойкость к топливу, маслам, жирам и многим растворителям. Не впитывает ароматизаторы. Устойчивость к высоким температурам.	Не подходит для тонких деталей.

что может привести к разрыву между формовочным материалом и кабелем. Следует отметить, что формование может использоваться самостоятельно или в сочетании с другими типами креплений (зажимами, склеиванием, хвостовиками и др.). В таблице приведены материалы, наиболее часто используемые при формовании, и краткая оценка их достоинств и недостатков.

При создании изделий методом формования важным моментом становится учет особенностей технологического процесса (в том числе температуры, давления и скорости впрыска формовочного материала) в конструкции изготавливаемой КС. Если конструк-

ция несовместима с процессом формования и используемыми материалами, это может привести к деформациям и другим проблемам с изделием, возникающим из-за сложностей распределения формовочного материала по каналам пресс-формы и изменения его температуры.

При проектировании и изготовлении пресс-форм применяется специализированное компьютерное программное обеспечение. Это позволяет дизайнерам отображать каждую деталь пресс-формы с учетом выравнивания и фиксации изготавливаемой КС, а также создавать прототип формы. Пресс-формы могут быть сконструированы с одной или несколь-

кими полостями (рис. 5) для решения задач мелко- или крупносерийного производства. Количество полостей зависит от объема производства КС.

Ошибки проектирования пресс-форм могут иметь существенное влияние на производственные затраты, продолжительность технологического цикла, сроки вывода изделия на рынок, а также на общее качество и эксплуатационные характеристики изделия. В настоящее время становятся все более доступными технологии 3D-прототипирования, благодаря которым можно выполнить печать прототипа пресс-формы и проверить его функциональность и технологичность перед резкой стальной формы. Возможность создания прототипов значительно сокращает затраты, время и материальные потери при технологической подготовке производства. После проверки конструкции и эксплуатационных характеристик на прототипе пресс-форму воспроизводят с помощью более прочного материала для обеспечения больших объемов производства.

7. Технический контроль.

В процессе изготовления КС постоянно осуществляется мониторинг и регулировка параметров технологической операции (температура, давление, скорость впрыска формовочного материала). Затем каждая созданная КС подвергается визуальному осмотру и контролю на соответствие техническим требованиям. Контроль серийного производства КС позволяет обеспечить стабильно высокое качество продукции.

8. Оформление документации.

В зависимости от конкретных технических требований этикетка с результатами приемосдаточных испытаний может быть оформлена на каждую отдельную КС или на партию изделий. Информация на этикетках должна содержать измеренные электрические параметры сборок.

Организационные и технические сложности развертывания необходимого автоматизированного технологического оборудования, создания требуемой оснастки, разработки технологических процессов с учетом технических требований к КС привели в настоящее время

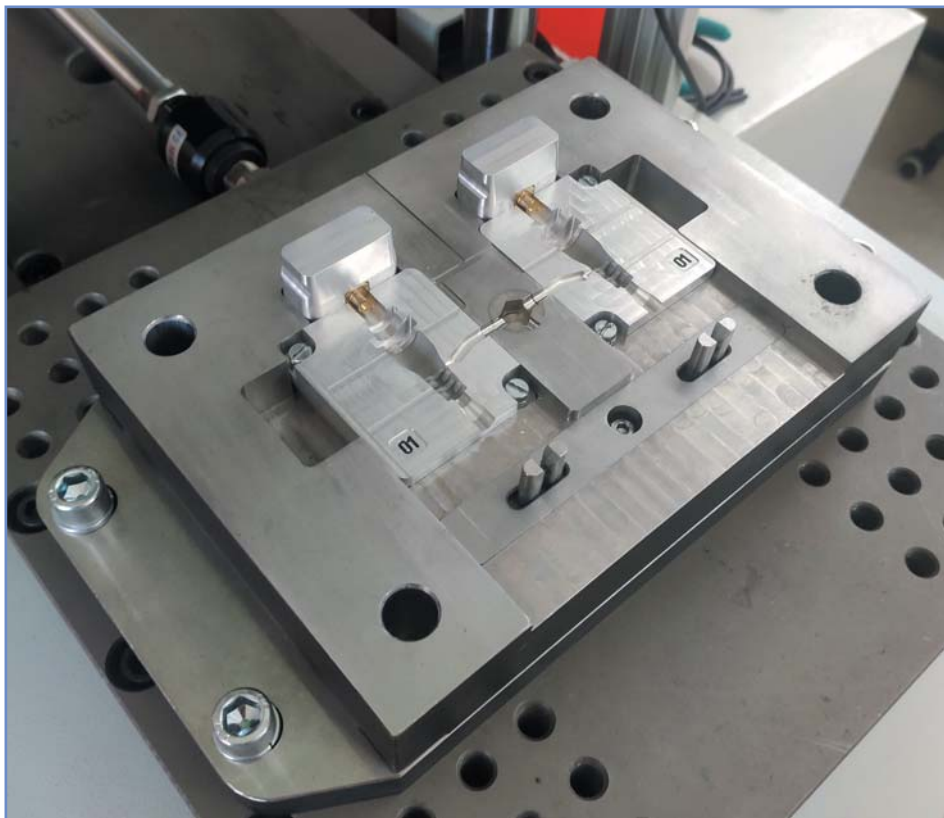


Рис. 5. Пресс-форма с двумя полостями (по материалам АО «ИнтраСофт»)

к расширению предложения КС, изготавливаемых по требованиям конкретного заказчика сторонними предприятиями (подрядчиками). К достоинствам подобного контрактного производства (outsourcing) КС относятся:

- оптимальное соотношение стоимости и качества изделий;
- повышение прочности и надежности кабельных систем, особенно при эксплуатации в жестких условиях;
- сокращение объема, времени и стоимости монтажных работ на объекте;
- снижение общей массы кабельных изделий;
- оперативность изготовления.

Отвечая на запросы широкого круга потребителей, АО «ИнтраСофт» развернуло контрактное производство КС на основе ранее освоенных технологий компаний-изготовителей защищенных соединителей (Fischer Connectors и др.) [6, 7].

Производственный отдел АО «ИнтраСофт» предоставляет услуги по оперативному изготовлению КС с гарантированными эксплуатационными характеристиками на основе соединителей отечественного и иностранного производства (в первую очередь китайского: компаний RAYMO Electronics technology, INTE-AUTO Technology и др.). При этом все этапы контрактного изготовления КС в АО «ИнтраСофт» выполняются на самом современном автоматизированном отечественном

и иностранном оборудовании (компаний «Резомер», WDT, Schleuniger, TE Connectivity, CyberTech, Ningbo Zhenhai Klauste International и др.) по техническим требованиям конкретного заказчика для ответственных применений в продукции различного назначения. При производстве применяются отечественные материалы и комплектующие изделия в соответствии с программой импортозамещения АО «ИнтраСофт». При производстве КС возможно использование как стандартных, так и заказных кабелей, в том числе оптоволоконных.

Данные, полученные АО «ИнтраСофт» по результатам эксплуатации КС потребителями, свидетельствуют о качественной герметизации кабельного соединителя, которая предохраняет изделие от внешних воздействий среды (влаги, грязи и др.) и тяжелых эксплуатационных условий (перегрузок, вибрации, механических воздействий).

Для контрактного изготовления КС в условиях санкционного давления АО «ИнтраСофт» готово использовать соединители, предоставляемые в качестве давальческого сырья заказчиком (после изготовления соответствующей технологической оснастки).

Литература

1. Сидоров С., Еремин А. Современный подход к производству кабельных сбо-

рок и линий передачи информации // Технологии в электронной промышленности. 2020. № 1.

2. Верещагин А. Особенности изготовления кабельных изделий на основе защищенных соединителей с высокой плотностью контактов // Компоненты и технологии. 2022. № 4.
3. Полторыхин Д., Попов Т. Новейшие решения в сфере автоматизации маркировки проводов и кабелей // Технологии в электронной промышленности. 2020. № 3.
4. Еремин А. Новейшие решения в области подготовки компаундов и заливки // Технологии в электронной промышленности. 2020. № 3.
5. Голубьев М. Герметизация кабельных разъемов: как обеспечить надежную защиту // Электроника: наука, технология, бизнес. 2015. № 3.
6. Верещагин А. Особенности изготовления кабельных изделий на основе защищенных соединителей в условиях международных ограничений // Технологии в электронной промышленности. 2023. № 2.
7. Верещагин А. Применение защищенных соединителей производства КНР в отечественных заказных кабельных изделиях // Электронные компоненты. 2024. № 7.