

Компании «КТ Сенсорс» и «Мегахолод» запустили уникальное решение по автоматизированной пайке алюминиевых тонкостенных труб



В статье рассмотрены проблемы, связанные с пайкой алюминиевых тонкостенных деталей. Представлены технологии, разработанные компаниями «Мегахолод» и «КТ Сенсорс» и позволяющие осуществлять автоматизированную пайку алюминиевых тонкостенных труб.

ООО «КТ Сенсорс», г. Москва

Проблемы пайки алюминиевых деталей

Алюминий на сегодня — один из самых перспективных материалов для изготовления теплообменников в промышленных охлаждающих системах, способный заменить дорогостоящую медь. Алюминиевые теплообменники значительно легче и дешевле медных, что выводит изделия с ними на качественно более высокий конкурентный уровень, фактически открывая новую нишу недорогих, легких, компактных систем охлаждения.

Однако данный материал пока еще не получил широкого применения ввиду технологической сложности изготовления деталей из него, в частности — пайки тонкостенных труб с обеспечением герметичности и механической прочности. Для промышленных систем охлаждения эти моменты критичны ввиду присущих системам охлаждения вибраций и повышенной проникающей способности многих хладагентов и теплоносителей.

Вопрос пайки алюминиевых деталей достаточно глубоко изучен. Имеется широкий диапазон припоев для пайки алюминиевых деталей, однако далеко не все они могут обеспечить качественное герметичное соединение. Припои, которые обеспечивают надлежащий капиллярный эффект при пайке алюминиевых деталей, из-

готавливаются по стандарту ER 4047, имеют высокое содержание алюминия и минимум легирующих добавок. Рабочая температура у этих припоев лежит в районе 590 °С.

В то же время температура плавления алюминия составляет 660 °С, и, соответственно, при достижении температуры 610–620 °С алюминиевая деталь начинает терять свою форму. Особенно это критично для тонкостенных труб. Таким образом, для

качественной пайки деталей теплообменников необходимо выдерживать температуру пайки в очень узком диапазоне 590–600 °С, что сделать далеко не просто при пайке деталей сложной формы и при серийном производстве с высокой производительностью.

Одним из распространенных способов нагрева являются термические печи, в которых при достаточно долгой выдержке можно довести температуру до требуемого уровня с хорошей точно-



Рис. 1. Чиллер производства «Мегахолод»

стью. Однако данный способ энергозатратен, малопроизводителен и имеет существенные ограничения по габаритам, что в производстве теплообменников является одним из критических моментов. Для процесса пайки алюминия этот способ имеет еще один существенный минус. В пайке алюминия для разрушения мощного оксидного слоя используется флюс, который при достижении определенной температуры становится химически активным и растворяет верхний слой, обнажая чистый металл для припоя. В случае если высокая температура держится длительное время, флюс остается активным и начинает проедать уже само тело детали. В результате при пайке алюминиевых деталей в термической печи появляются неконтролируемые каверны, сами детали корродируют и выходят из печи в неприглядном виде. Существуют способы решения этой проблемы пайкой в аргоновой атмосфере или в вакууме, но они значительно удорожают процесс.

Компания «Мегахолод», производитель промышленного холодильного оборудования (рис. 1), пионер в изготовлении и применении теплообменников из алюминия, провела множественные исследования, подобрала припой и отработала эффективные технологии качественной пайки тонкостенных алюминиевых труб.

В качестве метода нагрева было выбрано возбуждение индукционных токов в детали. За счет этого стало возможным осуществить контролируемый нагрев детали в требуемой точке ровно на то время, которое требуется для работы флюса и расплава припоя. Как только припой расплавляется, разогрев детали в этой точке прекращается и она перемещается для пайки в следующей точке. В дополнение к высокому качеству пайки без коррозии детали этот способ также полностью снимает ограничения по размеру (длине) коллектора.

Однако в случае алюминия оказалось не все так просто. Помимо технических сложностей с генерацией вихревых токов в детали, на первый план вышла задача точного измерения температуры в точке пайки. Обычно для измерения температуры металлов в диапазонах, близких к точкам плавления, применяются инфракрасные пирометры, которые по цвету (длине волны теплового излучения) опреде-

ляют температуру нагретого металла. Для алюминия проявились следующие проблемы.

Низкая излучающая способность алюминия. У чистого полированного алюминия излучающая способность лежит в диапазоне от 0,02 до 0,04. Излучение алюминиевой заготовки в 30–50 раз меньше аналогичных деталей из других материалов, таких как сталь, медь. Чтобы компенсировать ослабление сигнала, пришедший на пирометр, приходится кратно усиливать. С усилением сигнала возрастают шумы, что значительно усложняет работу пирометра и требует соответствующих аппаратных и программных решений в самом пирометре.

Оптические свойства поверхности алюминия значительно варьируются в зависимости от химического состава сплавов, наклепа поверхности в процессе деформации, воздействия охлаждающей эмульсии и механического состояния поверхности от одной детали к другой. Главные же вариации вносит оксидная пленка, образующаяся при нагреве на поверхности алюминия.

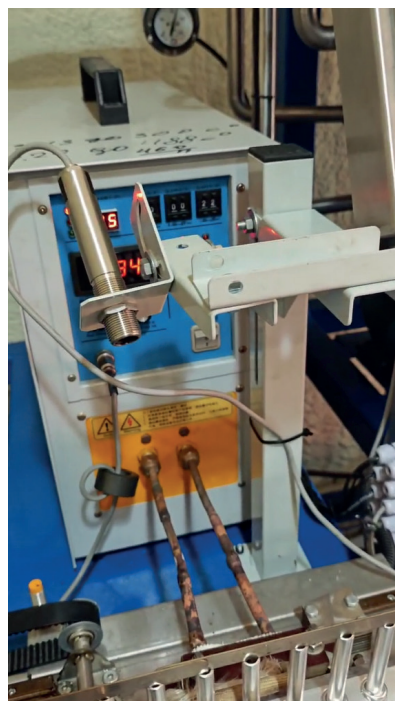
Сложная конфигурация детали и динамический нагрев. При таком процессе нагрева неизбежны сильные температурные градиенты, и точность измерения значительным образом за-

висит от правильного выбора и точности установки точки измерения температуры.

К решению задачи точного измерения температуры и отладки технологии пайки подключился партнер «Мегахолода» компания «КТ Сенсорс», специализирующаяся на контрольно-измерительных приборах и нестандартных, сложных решениях по автоматизации различных процессов в машиностроении. Для данной задачи «КТ Сенсорс» подобрала специализированный пирометр с дополнительной оптической фокусировкой сигнала, минимальным размером пятна измерения, лазерной наводкой. Также в станке был применен механический привод для точного позиционирования точки нагрева и контроля температуры (рис. 2).

В ходе совместных исследований были отработаны режимы измерения, параметры локального нагрева и контроля температуры точки пайки так, что удалось обеспечить воспроизводимый нагрев в нужной точке детали с точностью до 1–2 °С в требуемом диапазоне температуры 590–600 °С и строго в том интервале времени, который необходим и достаточен для расплава припоя и заполнения им соединения.

Результатом совместной работы компаний «Мегахолод» и «КТ Сен-



а



б

Рис. 2. Процесс пайки алюминиевых труб: а – станок с пирометром, б – алюминиевые трубы с припоем



Рис. 3. Готовые тонкостенные алюминиевые трубы после пайки



Рис. 4. Станция охлаждения «Мегахолод» с алюминиевым теплообменником

сорс» стало налаженное решение по автоматизированной высокопроизводительной, качественной пайке тонкостенных алюминиевых труб с обеспечением стабильного высокого уровня герметичности и механической прочности без термического и химического повреждения самих деталей (рис. 3).

В практическом плане это сейчас позволит компании «Мегахолод» еще больше и с минимальными затратами нарастить собственное производство систем охлаждения с алюминиевыми теплообменниками (рис. 4), а также принимать заказы других компаний на подобную пайку. Нарботан опыт индукционного нагрева сложных алюминиевых деталей и сопутствующего измерения температуры и автоматизированного управления процессом пайки.

О компании «Мегахолод»

Компания «Мегахолод» производит холодильное оборудование в Москве, Московской области и по всей России с 2000 года. Ее специалисты

выполняют комплексные мероприятия: разработку, изготовление, сборку, установку и монтаж промышленных установок любой сложности для разных отраслей промышленности: общепита, заводов, аптек, ангаров и т. д. Используются качественные оригинальные комплектующие от ведущих производителей. Имеется свой станочный парк, позволяющий осуществлять полный цикл производства.

О компании «КТ Сенсорс»

ООО «КТ Сенсорс» создана в 2022 году на базе коллектива российской «дочки» международной корпорации BALLUFF и обладает необходимыми компетенциями и опытом в части работы со средствами автоматизации и измерения. Она выкупила лабораторию, сервисное оборудование и всю необходимую инфраструктуру инженерного центра у компании BALLUFF, благодаря чему имеет возможности осуществлять техническую и сервисную поддержку в широком спектре задач. «КТ Сенсорс» сохра-

нила возможность поставки продукции BALLUFF и стала эксклюзивным официальным сервисным партнером компании BALLUFF.

Помимо этого, «КТ Сенсорс» в сотрудничестве с другими международными приборостроительными компаниями выводит на российский рынок контрольно-измерительные приборы под собственной маркой «K&T Sensors». Охвачены такие направления, как индуктивные, оптические и емкостные датчики, датчики магнитного поля, преобразователи линейных перемещений, сетевые устройства, распределители и преобразователи протоколов цифровых сигналов, средства радиочастотной идентификации (RFID), абсолютные и инкрементальные энкодеры, средства машинного зрения. Все эти приборы адаптированы к российскому рынку и сертифицированы, имеют необходимую документацию на русском языке. Также компания предлагает комплексные решения по оптимизации и автоматизации систем отбора материалов и комплектации заказов Pick to Light (системы ускоренной сборки заказов), по организации отслеживания использования и обслуживания рабочего инструмента Tool ID, прессовых и литейных форм Mold ID.

«КТ Сенсорс» имеет сеть региональных представителей и тесно взаимодействует со специалистами предприятий, знает их нужды и предлагает соответствующие задачам технические решения. На особо сложные задачи или условия применения предлагает образцы для опытной эксплуатации.

Важно отметить, что эта компания открыто представляет детальную техническую документацию на русском языке, с которой любой инженер или конструктор может самостоятельно подобрать конкретную модель для заказа или уточнить конфигурацию, возможности и функциональность имеющегося у него прибора. Приборы обеспечены средствами наладки и настройки, могут поставяться сразу со свидетельством о поверке государственного образца.

В. Н. Кравченко, к. ф. -м. н.,
генеральный директор,
ООО «КТ Сенсорс», г. Москва,
тел.: +7 (800) 301-8726,
e-mail: kts@kt-sensors.ru,
сайт: www.kt-sensors.ru