

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПАЯНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Лосева М.В.

Оренбургский государственный университет

В различных отраслях промышленности, авиации при изготовлении конструкций применяется пайка. Даже при безупречной технологии пайки, вполне вероятно возникновение дефектов, которые могут стать причиной аварий. И сопровождаться огромными затратами и неприятными последствиями.

Пайку используют для получения неразъемных соединений деталей путем введения между ними расплавленного вещества, с температурой плавления значительно ниже, чем у соединяемых материалов, называемого припоем. Спаиваемые поверхности детали (реже две поверхности детали), а так же припой и флюс, замедляющий вредные химические реакции и уменьшающий поверхностное натяжение, вводят в соприкосновение подвергают нагреву при температуре, значение которой лежит в интервале между значением температуры плавления материала деталей и значением плавления материала припоя. Прочность данного соединения зависит от наличия поверхностных, внутренних и сквозных дефектов[3]. Качество паяных изделий определяется их прочностью, надежностью, степенью работоспособности, возможностью выполнять специальные функции (электропроводность, теплопроводность)[5].

Раковины, трещины, поры, непропаи, шлаковые включения являются основными дефектами, которые влияют на общую функциональность и требуют обнаружения. Они разделены на два вида: связанные с заполнением расплавом припоя зазора между соединенными пайкой деталями и возникающие в процессе охлаждения изделия с температуры пайки. Дефекты первой группы связаны с особенностями заполнения капиллярных зазоров в процессе пайки, а вот дефекты второго типа обусловлены уменьшением растворимости газов в металлах при переходе их из жидкого состояния в твердое и усадочными явлениями[2].

Образование непропаев берут начало у границы раздела с паяемым металлом, чаще всего это является из-за неправильной конструкции паяного соединения, где происходит блокирование жидким припоем газа при наличии неравномерного нагрева или неравномерного зазора, местное отсутствие смачивания жидким припоем поверхности паяемого металла.

Блокирование остатков газа в швах в большинстве случаев появляются из-за неравномерности движения фронта жидкости при затекании припоя в зазор. Фронт дробится на участки ускоренного и замедленного продвижения, в результате чего отсекаются не большими объемы газа. Таким образом в шве происходит захват флюса и шлаков [4]. Во время охлаждения соединения из-за уменьшения растворимости газов происходит их выделение и образование рассеянной газовой пористости. Опыт высокотемпературной пайки алюминиевых сплавов с предварительной дегазацией припоев и флюсов показывает, что пористость металла шва при этом резко уменьшается.

Другая причина рассеянной пористости является возникновение усадочной пористости. Характерно это для случая затвердевания сплава с расширенным интервалом кристаллизации. При не больших зазорах усадочные междендритные пустоты и тянутся в виде цепочки в центральной части шва. При больших зазорах усадочные поры располагаются в шве более равномерно в междендритных пространствах[2].

Образование пор в паяных швах часто происходит из-за эффекта сфероидизации. В этом случае пористость в зоне шва возникает в результате нескомпенсированной диффузии атомов припоя и паяемого материала.

Трещины в паяных швах появляются под действием напряжений и деформаций металла изделия в процессе охлаждения. Их делят на два вида холодные (трещины, образующиеся при температуре до 200 С) и горячие (которые образуются при температуре выше 200 С) [3].

Они обычно имеют кристаллизационное или полигонизационное происхождение. В процессе кристаллизации скорость охлаждения высока и возникающие напряжения велики, а деформационная способность металла шва мала, то появляются кристаллизационные трещины. Полигонизационные трещины возникают уже при температурах ниже температуры солидуса после затвердевания сплава по так называемым полигонизационным границам, образующимся при выстраивании дислокации в металле в ряды и образовании сетки дислокаций под действием внутренних напряжений. Холодные трещины возникают в большинстве случаев в зоне спаев, особенно в случае образования прослойки хрупких интерметаллидов. Трещины в паяемом металле часто появляются в результате воздействия жидких припоев, которые вызывают адсорбционное понижение прочности[5].

Шлаковые или флюсовые включения могут возникнуть при недостаточно тщательной подготовке поверхности изделия к пайке, а также при нарушении ее режима. При слишком длительном нагреве под пайку флюс взаимодействует с паяемым металлом с образованием твердых остатков, которые плохо вытесняются из зазора припоем. Шлаковые включения также могут образоваться из-за взаимодействия припоев и флюсов с кислородом воздуха или пламенем горелки. Правильное конструирование, точность сборки под пайку, равномерность нагрева - вот условия бездефектности паяного соединения. В соответствии с требованиями технических условий паяные изделия подвергают различным методам неразрушающего и разрушающего контроля[4].

Поверхностные дефекты могут быть обнаружены оптическим, капиллярным (с помощью проникающих веществ: пенетранта, суспензий, и т.д.) и вихретоковым методом. Оптический контроль проводят визуально или используют лупу в сочетании с измерениями. Это позволяет проверить качество поверхности. Такой метод контроля является одним из простых методов и применим только для соединений, которые имеют доступные поверхности для осмотра. И делает его в некотором смысле похожим с методом контроля при помощи проникающих веществ[4].

Рассматривая вихретоковый вид неразрушающего контроля, можно определить то, что он является универсальным, хотя применим только для соединений, имеющих поверхности доступные для преобразователей дефектоскопов.

С помощью этого метода выявляются дефекты, которые расположены на глубине до 2 миллиметров. Помимо этих видов контроля применяются также акустический, радиационный.

Акустический вид контроля. Этот метод неразрушающего контроля основан на способности ультразвуковых колебаний отражаться от поверхности внутренних несплошностей металла, что позволяет указать глубину залегания дефекта, несплошности или расслоения материала, непропая, определить их координаты и размеры, измерять толщины, обнаруживать, а также регистрировать развивающиеся трещины. Но помимо преимуществ этот вид контроля имеет ряд недостатков: большая мертвая зона пьезоэлектрического преобразователя, данный вид не гарантирует выявление одиночных пар, а также по полученным данным невозможно определить вид дефекта[1].

Один из наиболее рациональных методов УЗК косостыковых паяных соединений осуществляется двумя способами: контроль поверхности разделки и контроль углов разделки. Сам контроль проводится наклонным пьезоэлектрическим преобразователем (угол призмы которого равен пятидесяти градусам). Большим преимуществом данного метода является то, что он, в отличие от других современных методов, может осуществляться старыми моделями дефектоскопов. Конечно установка современного дефектоскопа делает его более экономически эффективным для внедрения в производстве, что, в конечном итоге, снижает себестоимость изготавливаемой продукции[2].

Наиболее распространенным методом контроля паяных соединений является радиографический и радиоскопический методы. Основной их недостаток - это необходимость специальной защиты сотрудников от ионизирующего излучения в соответствии с нормами безопасности и санитарными правилами.

Радиационный контроль. Выявление дефектов основано на различном поглощении металлом веществами проникающего излучения. В качестве источника излучений применяют рентгеновские аппараты, которые позволяют получить рентгеновское излучение[5].

Этот вид контроля обнаруживает поры, шлаковые включения, непровары, трещины. Помимо всего перечисленного он применяется для определения внутренних дефектов в паяных изделиях, дефектов в самом шве или паяемом металле. При проведении радиационного контроля паяных швов используют два основных метода.

1. Радиографический с фиксацией изображения на пленке (или, к примеру, бумаге). Его основное преимущество — возможность сохранения документального свидетельства результатов просвечивания и простота самого контроля. [1].

2. Радиоскопический (радиационная интроскопия). Дефект в этом случае наблюдается на флюороскопическом экране, экране электронно-оптического

преобразователя. Чувствительность радиоскопии несколько ниже, чем радиогрaфии.

Основные методы разрушающего контроля. Паяные изделия подвергают испытанию разрушения: непосредственно само изделие, образцы, вырезанные с партии изделия, или образцы, паявшиеся по такой же технологии изделия, которые были предназначены для проведения испытаний. Чтобы выявить механические свойства паяных соединяющего контроля. Паяные изделия подвергают испытанию разрушения: непосредственно само изделие, образцы, вырезанные с партии изделия, или образцы, паявшиеся по такой же технологии изделия, которые были предназначены для проведения испытаний. Чтобы выявить механические свойства паяных соединений проводят испытания паяных образцов при различных способах нагружения: растяжении, сжатии, изгибе, кручении[3].

Современные средства оптического и рентгеновского контроля позволяют обнаружить до 99,6% от общего числа дефектов различного типа, которые характерны для пайки. Одним из их основных отличий от применяемых ранее является то, что они основаны на модульной концепции. Это делает возможным расширение их возможностей в зависимости от требований производства. В зависимости от предъявляемых требований система может быть укомплектована разным количеством камер, отличающихся друг от друга разрешением. Высокоэффективные камеры обеспечивают максимальную глубину инспекции даже при незначительном времени использования. Применение угловой камеры позволяет находить ошибки, допущенные в технологическом процессе. [2]

Подводя итог анализа вышеперечисленных методов и средств контроля паяных соединений, и можно оценить наиболее прогрессивные из них. Необходимо сказать, что оптические и рентгеновские методы контроля представляют наибольший интерес для современной промышленности. Их развитие, а также развитие более безопасных ультразвуковых методов стало рентабельным решением на пути повышения качества производимой продукции.

Список литературы

- 1. Бакутин В. Н., Заика Ж. А., Карпов В. И. Определение дефектов пайки радиационным методом // Дефектоскопия. 2012.*
- 2. Буслович С. Л., Гельфгат Ю. М., Коциныш И. А. Автоматизация пайки печатных плат. М: Энергия, 2006.*
- 3. Ковшиков Е. К. Неразрушающий контроль качества эвтектической пайки кристалла кремния при сборке интегральных схем / В сб.: Неразрушающий контроль и системы управления качеством сварных и паяных соединений. М.: ЦРДЗ, 2012.*
- 4. Румянцев С. В., Добромислов В. А., Борисов О. И. Неразрушающие методы контроля паяных соединений. М.: Машиностроение, 2016.*