

В данной статье показана возможность применения термозвуковой микросварки для монтажа электрических соединений в системе кристалл-плата, выполненных по технологии «чип-на-плате», которая является одним из перспективных направлений развития технологии поверхностного монтажа. Показано влияние рабочих параметров установки микросварки на качество сварного соединения, приведено краткое описание процесса отработки режимов термозвуковой сварки.

Список использованных источников

1 Валев, С. «Кристалл на плате» (COB): новая эра технологий [Текст]/С. Валев, Ф. Фарассад // Технологии в электронной промышленности. -2005. -№6.- С. 71-76.

2 Кудряшов, И. Технология микросварки проволоочных выводов [Текст]/И. Кудряшов // Производство электроники: технологии, оборудование, материалы. -2007. -№5.- С. 1-6.

3 Шмаков, М. Микросварка при производстве микросборок и гибридных интегральных микросхем [Текст]/М. Шмаков // Технология в электронной промышленности. -2007. -№1.- С. 60-66.

УСТРОЙСТВА ИЗМЕРЕНИЯ КРУТЯЩЕГО МОМЕНТА В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ СОЕДИНЕНИЯ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

А.В. Воронцов, А.В.Зеленский

Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самара

Подавляющая часть устройств, предназначенных для соединения резьбосодержащих элементов, построена на измерении максимального значения крутящего момента. В современных машинах во многих случаях резьбовые соединения являются ответственными элементами, прочность и долговечность которых во многом определяют надежность работы конструкции в целом. Исходя из характера внешних усилий, прилагаемых в процессе затяжки, рассмотрим наиболее часто применяемые в промышленности способы сборки резьбовых соединений. Они основаны на использовании внешнего момента, ударно-вращательных импульсов, приложении осевых усилий и т.д. В качестве примера оценки эффективности способов сборки будем использовать заданную точность затяжки, исходя из технологических требований и быстродействия, определяющего в конечном итоге производительность.

Предельные гайковерты и «перебеги» динамометрических ключей создают такие импульсные пики крутящего момента в процессе затягивания, которые влияют на окончательную прочность винтового соединения.

Анализ экспериментальных данных, полученных с устройств, в основу которых положен ударно-вращательный импульс для передачи усилий на собираемое изделие, показывает, что в связи с существенным влиянием трения, зависимость момента от усилия затяжки $M = F(Q)$ не является устойчивой и обеспечивает точность получения усилия затяжки не более чем $\pm 20\%$. Ошибка, вызываемая погрешностью измерения, и погрешность сборочного инструмента дополнительно уменьшают точность затяжки при контроле крутящего момента.

Соответственно, большой разброс имеет и величина ΔQ , то есть приращение усилия затяжки фактически отображает импульсы, возникающие на сборочном инструменте, что свидетельствует о менее стабильном качестве усилия, возникающего в резьбовом соединении к изменению момента ΔM под действием ударно-вращательных импульсов.

Второй способ основывается на зависимости затягивания резьбовых деталей от их длины. Из-за большого разброса значений предельного крутящего момента на практике пользоваться этим способом сборки сложно, что приводит к погрешности, равной $\pm 30\%$. [1]. При проведении лабораторных испытаний подтвердилось, что в процессе сборки момент M на валу резьбозавертывающего устройства возрастает от этапа наживления до окончания затяжки резьбового соединения.

На рис. 1, а показана зависимость M от длины свинчивания L . Участок I характеризует постепенное возрастание M на этапе «наживления», его дальнейшее небольшое увеличение на участке заворачивания II до некоторой постоянной величины « M_d » и последующее резкое повышение на участке затяжки III до заданной величины $M_{зат}$.

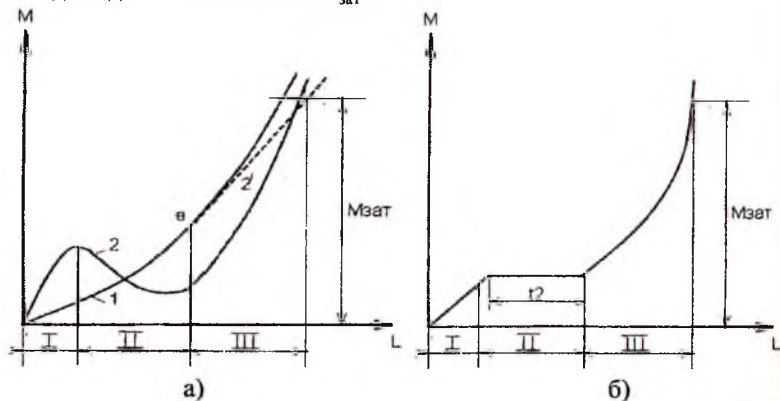


Рис. 1

Отклонение фактических значений M от средних обусловлено неточностью изготовления резьбовых элементов сопрягаемых деталей, отклонением от перпендикулярности и торцевых поверхностей. При постоянном значении $M_{\text{шт}}$ длина участка III изменяется от минимальной величины до максимальной и в соответствии с этим изменяется осевая сила затяжки резьбовых соединений. На рис. 1,а представлена характерная зависимость M от L для соединений, осуществляемых с помощью резьбообразующих винтов (кривая 1) и соединений, осуществляемых шурупами по дереву или другим мягким материалам (кривая 2). Кривая 1 характеризует процесс резьбообразования в нижней (листовой) детали, уменьшение и затем возрастание момента при затяжке соединений. Первый участок кривой 2 (до точки «В») характеризует процесс ввертывания шурупа; второй участок (за точкой «В») соответствует процессу затяжки соединения до заданного момента. В точке «В» наблюдается излом кривой или пересечение кривых 2 и 2'.

Здесь на I и II участках затяжки нарастание момента незначительное, так как резьбосодержащий элемент преодолевает сопротивление свободного «наживления» только за счет трения на резьбовых поверхностях, а резкое возрастание момента наступает только на участке III процесса соединения.

Во всех рассмотренных случаях можно различать этапы наживления, ввертывания и затяжки резьбовых крепежных деталей. Зависимость M от L видоизменяются для различных конструкций резьбовых соединений и в каждом отдельном случае устанавливаются экспериментально. Резьбозавертывающие устройства имеют различное конструктивное оформление. Их можно использовать как самостоятельно действующие автоматические установки или встраивать в виде дополнительных механизмов в более сложные технологические комплексы. Момент устанавливается по заданной силе затяжки для крепежных деталей малого диаметра и предварительно с учетом последующей оконечной затяжки.

Относительную неравномерность момента затяжки характеризуют величиной:

$$\gamma = \frac{\dot{I}_{\max} - \dot{I}_{\min}}{\dot{I}_{\text{ср}}},$$

где: $\dot{I}_{\max}$ - наибольший момент; $\dot{I}_{\min}$ - наименьший момент; $\dot{I}_{\text{ср}}$ - средний момент, развиваемый резьбозавертывающими устройствами.

Для безмуфтовых устройств с самоторможением двигателя в конце затяжки $\gamma = 0,15 \dots 0,20$; для устройств с фрикционной муфтой $\gamma = 0,15 \dots 0,22$; для устройств с кулачковой муфтой $\gamma = 0,26 \dots 0,32$; для устройств с ударно-импульсным преобразователем момента $\gamma = 0,30 \dots 0,36$.

В качестве средств механизации и автоматизации сборки резьбовых соединений применяют ручные машины, механизированные установки, полуавтоматы и автоматы.

Соответствующие средства сборки выбирают в зависимости от качества собираемых изделий, их массы и размера, программы выпуска и других факторов. Широкое применение в промышленности имеют ручные резьбозавертывающие машины: гайковерты, винтоверты, шпильковерты, шуруповерты и др. К преимуществам ручных машин относятся простота обслуживания, надежность, достаточная точность затяжки, мобильность и др. Большое распространение имеют ручные машины с пневматическими ротационными двигателями, электрическими высокоточными двигателями, с однофазными коллекторными двигателями. По принципу передачи вращающего момента ручные резьбозавертывающие машины можно разделить на три типа. К первому типу относятся машины, имеющие электрический или пневматический двигатель, редуктор и ограничивающую фрикционную или кулачковую муфту. На шпинделе закрепляется соответствующий патрон для заворачивания гаек, винтов или шпилек. При достижении заданного момента затяжки диски фрикционной муфты проскальзывают, а торцевые зубья кулачковых полумуфт выходят из зацепления. В пневматических или электрических машинах ударно-импульсного действия сжатый воздух через пусковое устройство поступает в роторный пневматический двигатель, от вала которого вращение передается на ударно-импульсный преобразователь момента. Вырабатываемые им ударные импульсы передаются на торцевой ключ, осуществляющий затяжку винта гайки или шпильки. Машины данного типа могут работать без редуктора. В пневматических резьбозавертывающих машинах без ограничивающих муфт по мере достижения заданного момента затяжки двигатель, соединенный через редуктор с торцевым ключом, затормаживается и останавливается.

Связь крутящего момента с заданным усилием затяжки установлена в работе [3] и описывается уравнением:

$$\dot{I} = Q \cdot \operatorname{tg}(\beta + \rho) \frac{d_{\text{но}}}{2}, \quad (1)$$

где $\dot{I}$ - крутящий момент на собираемом изделии; Q - усилие затяжки; β - угол подъема резьбы; ρ - угол трения; $d_{\text{но}}$ - средний диаметр резьбы.

Однако на практике пользоваться этим выражением можно лишь с существенными ограничениями, вызванными технологическими соображениями, например, скоростью вращения собираемых изделий, а также силой, с которой привод вращает собираемую деталь. Эта сила несоизмерима с силой трения, возникающей на резьбовых поверхностях. На качество сборки она не влияет даже в конце свинчивания, где сила трения

уже значительна. Между собираемыми изделиями находятся, как правило, шайба, прокладка, пластичный герметик и т.д., поэтому сделав ряд допущений, выражение (1) можно записать в виде:

$$\dot{I} = Q \cdot \operatorname{tg} \frac{d_{\text{н}}}{2}. \quad (2)$$

Усилие затяжки, как правило, регламентируется в довольно жестких условиях и не меняется в процессе массовой сборки. На различных материалах собираемых изделий оно будет разное и не характеризует правильность соединений по моменту на затяжке. Угол резьбы один и тот же и для всех метрических резьб равен 60° . Даже для резьб с углом 55° (дюймовые резьбы) разброс угла резьбы в этих случаях равен 5° , что существенно мало, и угол трения соответственно меняется в незначительных пределах.

Формула (1) представляет зависимость момента на ключе от силы затяжки. В нее в явном виде не входит коэффициент трения. Кроме того, отпадает необходимость вычисления опорной поверхности торцев гайки (головка винта) и шайбы; из всех геометрических размеров необходимо знать лишь шаг резьбы

$$\frac{d_{\text{н}}}{2} = \varphi.$$

Тогда $\dot{I} = \operatorname{tg} \varphi$ при $f(\xi_k) = \frac{\dot{I}}{Q}.$

Здесь необходимо отметить, что в пределах одного собираемого изделия тип резьбы и угол наклона резьбы всегда один и тот же [4].

Средний диаметр резьбы выразим через угол φ ,

$$\frac{d_{\text{н}}}{2} = \varphi.$$

С учетом вышеизложенного получим:

$$Q = \frac{1}{1 - \xi_k}.$$

Здесь усилие затяжки характеризуется силой, с которой происходит соединение резьбовых поверхностей.

Отметим, что при соединении резьбовых поверхностей в момент контакта резьбы большую роль играет трение. Определим влияние коэффициента трения на точность собираемого изделия. Если на поверхности резьб имеется проскальзывание и сила трения F подчиняется закону Кулона, то

$$F = fL_C,$$

где: $f = \operatorname{tg} \rho$ - коэффициент трения в резьбе; ρ - угол трения в резьбе.

Подставляя, получим зависимость связи между моментом скольжения в резьбе и осевой силой:

$$\begin{aligned} M_{\partial\partial} &= K_p N_0; \\ K_p &= \frac{d_{\partial\partial}}{2} \operatorname{tg}(\rho \pm \beta), \end{aligned} \quad (3)$$

где K_p - коэффициент пропорциональности; N_0 - осевая сила, действующая на резьбовое соединение.

В формуле (3) знак (+) соответствует затяжке резьбового соединения, а (-) - развинчиванию.

Один из недостатков этого способа является неоднозначный отсчет угла. Фактический угол соответствует не только величине упругого сжатия деталей соединения, но также и величинам упругих и пластических деформаций контактирующих поверхностей, имеющих место до достижения полного контакта. Величина последних переменна и не может быть заранее установлена.

На практике скорость собираемых изделий постоянна и выбрана равной 35 об/мин, как наиболее оптимальная по технологическим условиям.

Для устранения недостатков затяжки по углу поворота собираемого изделия разработан градиентный способ затяжки. Этот способ основан на непрерывном измерении отношения приращения прикладываемого момента ΔM к приращению соответствующего угла поворота собираемого изделия.

После того как усилие затяжки превысило некоторую величину, соответствующую обжатия стыка, зависимости момента и усилия затяжки от угла в упругой зоне имеют линейный характер. В градиентном способе затяжки резьбовых соединений окончание процесса происходит при условии

$$\frac{dM}{dQ} = \operatorname{Const}.$$

Реализация этого способа сопряжена с трудностями, основными из которых являются переменные значения коэффициентов трения, что приводит к изменениям производной момента по углу поворота в течение всего процесса затяжки. Экспериментальные исследования затяжки по градиентному способу показали, что в данном случае погрешность составляет $\pm 4,3\%$.

Одним из наиболее точных способов определения усилия затяжки резьбосодержащих элементов является способ, при котором контролируют удлинение болта. При известном удлинении усилие определяют по формуле:

$$Q = \frac{\delta_0}{\lambda_0},$$

где: δ_0 - удлинение собираемого изделия до затяжки.

Список использованных источников

1. Гельфанд М.Л., Ципенко Д.И. Сборка резьбовых соединений.-М.: Машиностроение, 1987.-109с.
2. Биргер И.А., Иоселевич Г.Б. Резьбовые соединения. – М.: Машиностроение, 1973.-156 с.
3. Будняк З.А., Гусев А.А. Обеспечение качества соединения и надежности работы автоматических сборочных машин// Механизация и автоматизация производства.-1983.-№11.-С.10-13.

Трибометрический метод оценки степени чистоты поверхности диэлектрических подложек

С.В. Кричевский, Н.А. Ивлиев

Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самара

При создании элементов микро- и нанoeлектроники объекты атомных размеров, находящиеся на поверхности твердого тела, испытывают действие периодического кристаллического потенциала подложки, равномерность которого, в частном случае, зависит от степени загрязнения поверхности. Очевидно, что при создании приборов пониженной размерности необходим высокоточный контроль количества атомов, адсорбированных на поверхности.

Методы трибометрии позволяют контролировать чистоту поверхности подложек в диапазоне 10^{-7} - 10^{-9} г/см² [1], что соответствует технологически чистым поверхностям, используемым в микроэлектронике, дифракционной оптике и нанoeлектронике.

В настоящей работе рассматривается трибометрическое устройство, реализующее взаимодействие двух диэлектрических подложек, расположенных под углом друг к другу. Это позволяет использовать для калибровки измерений чистоты поверхности коэффициенты трения скольжения и покоя.

Исходя из представлений о поверхностных электронных состояниях (ПЭС) шоклиевского типа (для полупроводников IV группы), сильная зависимость коэффициента трения скольжения от числа адсорбированных атомов обусловлена наличием оборванных связей и ненасыщенных валентностей на поверхности подложки [2]. В том случае, если в одной точке пространства окажутся два типа акцепторных ПЭС, принадлежащих к