

О.В. Филипович

к.т.н., доцент кафедры

«Приборные системы и автоматизация технологических процессов»

Севастопольский государственный университет

Г.В. Невар

аспирант кафедры

«Приборные системы и автоматизация технологических процессов»

Севастопольский государственный университет

Н.А. Волошина

к.т.н., доцент кафедры

«Приборные системы и автоматизация технологических процессов»

Севастопольский государственный университет

Л.Е. Карташов

к.т.н., доцент кафедры

«Приборные системы и автоматизация технологических процессов»

Севастопольский государственный университет

г. Севастополь, Российская Федерация

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ СРЕДНЕГО ДИАМЕТРА РЕЗЬБЫ ШПИЛЕК

Аннотация

В работе анализируется процесс измерения среднего диаметра резьбы шпилек и рассматривается задача оценки погрешности косвенного измерения данного параметра при различном количестве измерительных наконечников цилиндрической формы. Разработано автоматизированное измерительное устройство, имеющее конструкцию, обеспечивающую требуемую точность измерений.

Ключевые слова

Резьба, средний диаметр, шпилька, измерение, погрешность, автоматизированное устройство.

Резьбу с натягом по среднему диаметру широко применяют для получения неподвижных резьбовых соединений типа шпилька–корпус. Такие соединения широко используются, например, для крепления головки блока цилиндров к блоку цилиндров двигателей внутреннего сгорания, крышки к корпусу редукторов, коробок скоростей и т.д.

Посадки с гарантированным натягом требуют установления весьма малых величин допусков по среднему диаметру. При больших допусках и натяге, близким к наименьшему предельному, не гарантируется отсутствие проворачивания шпилек в гнезде. При возможном наибольшем предельном натяге может произойти разрушение шпильки или срезание резьбы гнезд. В этой связи на средний диаметр резьбы установлены высокие степени точности. Для обеспечения однородного натяга, лежащего в заданных пределах, обычно используется селективное комплектование и сборка, при этом резьбовые детали сортируются на группы (две или три), а соединения собираются из одноименных групп (что соответствует алгоритму одновариантного комплектования).

Основными параметрами качества резьбовых соединений с натягом являются их прочность и надежность. На качество таких соединений, от которого зависят функциональные характеристики узлов, при использовании селективной сборки оказывают влияние следующие основные факторы [1,2]:

- конструктивные (обоснованный выбор номинальных значений диаметра, шага резьбы, длины свинчивания и др.);

- технология изготовления, определяющая точность основных параметров геометрии резьбовых деталей (средний диаметр резьбы, шаг и угол профиля, отклонение формы, шероховатость поверхности и др.);

- качество измерения среднего диаметра при сортировке - совокупность свойств измерений, обуславливающих соответствие средств, метода, методики, условий измерений и состояния единства измерений требованиям измерительной задачи;

- качество сборки.

Остановимся более подробно на метрологическом факторе. Средства измерения используются в процессе селективного комплектования и сборки для сортировки деталей на размерные группы. Указанная операция, проводимая со 100% объема деталей, осуществляется путем измерения одного параметра (среднего диаметра) и определения принадлежности каждой из деталей типа к определенной селективной группе по результатам измерения. При известных истинных значениях параметров было бы возможно безошибочно распределить детали по селективным группам. Однако, на практике это производится по действительным значениям, полученным по результатам измерений с допустимой погрешностью. Погрешности измерений нарушают правильность сортировки деталей по селективным группам и снижают собираемость и качество сборочных комплектов. В результате может возникнуть ошибочная разбраковка: попадание детали в одну из соседних селективных групп вместо требуемой группы, куда бы она попала при проведении сортировки по истинным значениям при отсутствии погрешности измерения. В свою очередь, ошибки сортировки будут сказываться на качестве изделий: при использовании одновариантного алгоритма комплектования, изделия, полученные из таких деталей, будут заведомо бракованными по выходному параметру (натягу), точность которого пытаются достичь методом групповой взаимозаменяемости.

В данной работе рассматривается процесс измерения деталей с наружной резьбой – шпилек. Целью работы является разработка автоматизированного устройства измерения среднего диаметра резьбы шпилек при обоснованном выборе количества измерительных контактных наконечников для обеспечения минимальной величины погрешности измерения.

Измерение среднего диаметра наружной резьбы d_2 шпильки, в зависимости от требуемой точности, производительности и экономической целесообразности, производится приборами с резьбовыми вставками, проекционными приборами, пневматическими приборами, контактными приборами с помощью трех проволоочек, со сферическими, призматическими, коническими и другими наконечниками (рисунок 1) [2,3].

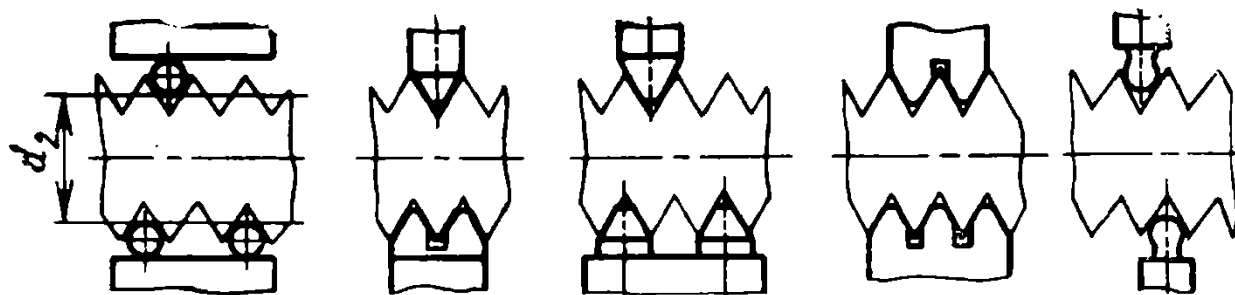


Рисунок 1– Наконечники для измерения диаметра d_2 для наружных резьб

Метод измерения среднего диаметра резьбы с помощью проволоочек получил очень широкое распространение и позволяет определять средний диаметр независимо от погрешностей других параметров резьбы. Проволочки закладывают во впадины резьбы и, пользуясь контактным прибором, измеряют размер M (рисунок 2) [3].

Зависимость между средним диаметром d_2 и результатом измерения размера M вычисляется по формулам (для резьб с симметричным профилем с шагом P и углом профиля α):

- при измерении тремя проволочками, мм (рисунок 2,а)

$$d_2 = M - d_{i\delta} \left(1 + \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} \right) + \frac{1}{2} P \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}; \quad (1)$$

- при измерении двумя проволочками (рисунок 2,б), мм

$$d_2 = M - d_{i\delta} \left(1 + \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} \right) + \frac{1}{2} P \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} - \frac{P^2}{8(M - d_{i\delta})}; \quad (2)$$

- при измерении одной проволочкой (рисунок 2,в)

$$d_2 = M + M' - d_{i\delta} \left(1 + \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} \right) + \frac{1}{2} P \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} - d, \quad (3)$$

где M' - результат измерения среднего диаметра во втором положении (после поворота на 180°) измеряемого объекта, мм; $d_{i\delta}$ - диаметр проволочки, мм; d - наружный диаметр резьбы, измеренный с той же точностью, что и размер M , мм.

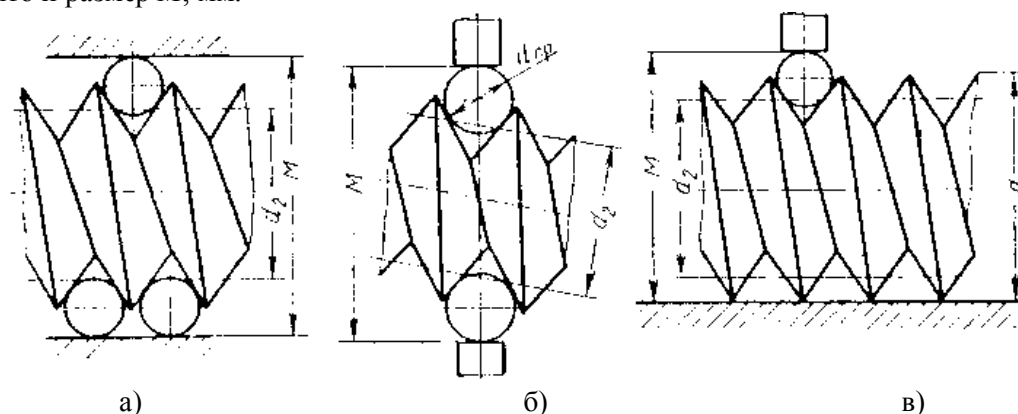


Рисунок 2 – Метод измерения d_2 при помощи проволочек

Аналог данного метода можно использовать в автоматизированных измерительных системах, где проволочками являются твердосплавные измерительные наконечники условно цилиндрической формы, смонтированные в губки измерительной скобы.

Задача, как уже было отмечено ранее, состоит в выборе средства измерения, обеспечивающее наименьшее значение погрешности измерения с целью уменьшения погрешности ошибочной разбраковки. Фактически при неизменной конструкции автоматизированного устройства, задача сводится к выбору оптимального количества наконечников (проволочек) при известных отклонениях параметров, входящих в формулы (1)...(3), номинальные значения которых меняются в заданных диапазонах.

Косвенные измерения – это измерения, при которых искомое значение величины находят путем прямых измерений других величин, связанных с измеряемой величиной известной зависимостью. В метрологии искомые величины нередко находят вычислениями как функции измеренных величин. Очевидно, что погрешность функции будет зависеть от погрешности аргументов, по которым она была вычислена, и от вида функции.

Рассмотрим вопросы вычисления среднеквадратических отклонений (σ , СКО) случайных составляющих погрешностей измерения по известным среднеквадратическим отклонениям погрешностей аргументов. При решении этой задачи встречаются два случая: коррелированных и некоррелированных

аргументов. Для решения будем использовать известные соотношения для определения погрешностей косвенных измерений, связанных различными зависимостями [4].

Определим погрешности косвенных измерений среднего диаметра резьбы по имеющимся аналитическим зависимостям между значениями функции и аргументов (1)...(3). Для определения случайных составляющих погрешности, необходимо знать погрешности аргументов данных функций:

- погрешность измерения параметра $\dot{I}$ (СКО σ_M);
- погрешность измерения шага резьбы P (СКО σ_P);
- погрешность изготовления проволоочки (СКО $\sigma_{d_{i\delta}}$);
- погрешность измерения наружного диаметра резьбы (СКО σ_d).

Для упрощения анализа пренебрегаем погрешностью измерения угла профиля [5]. Тогда при измерении тремя проволочками

$$d_2 = M - d_{i\delta} \left(1 + \frac{1}{\frac{1}{2}} \right) + \frac{1}{2} P \frac{\cos 30^\circ}{\sin 30^\circ} = M - 3d_{i\delta} + \frac{\sqrt{3}}{2} P. \quad (4)$$

Для случая использования двух одинаковых проволочек (диаметром $d_{i\delta 1}$) и одной проволочки другого диаметра ($d_{i\delta 2}$) формула (4) примет вид

$$d_2 = M_3 - \frac{3}{2} (d_{i\delta 1} + d_{i\delta 2}) + 0,866P. \quad (5)$$

Используя выражение (5), получаем $y = f(x_1, x_2, x_3, x_4)$, $y = \sum_{j=1}^4 a_j x_j$, где

$$x_1 = M, \quad x_2 = d_{i\delta 1}, \quad x_3 = d_{i\delta 2}, \quad x_4 = P, \quad a_1 = 1, \quad a_2 = -\frac{3}{2}, \quad a_3 = -\frac{3}{2}, \quad a_4 = \frac{\sqrt{3}}{2}.$$

Среднеквадратическое отклонение погрешности:

$$\sigma_3 = \sqrt{\sigma_M^2 + \frac{9}{4} \sigma_{d_{i\delta 1}}^2 + \frac{9}{4} \sigma_{d_{i\delta 2}}^2 + \frac{3}{4} \sigma_P^2} \quad (6)$$

При измерении двумя проволочками

$$d_2 = M - 3d_{i\delta} + \frac{\sqrt{3}}{2} P - \frac{P^2}{8(M - d_{i\delta})}.$$

Среднеквадратическое отклонение погрешности:

$$\sigma_2 = \sqrt{\sigma_M^2 + 9\sigma_{d_{i\delta}}^2 + \frac{3}{4} \sigma_P^2 + \frac{P^2}{64y^2} \left[2\sigma_P^2 + \frac{P^2}{y^2} (\sigma_M^2 + \sigma_{d_{i\delta}}^2) \right]}, \quad (7)$$

где $y = M - d_{i\delta}$.

При измерении одной проволочкой

$$d_2 = M + M' - d_{i\delta} \left(1 + \frac{1}{\frac{1}{2}} \right) + \frac{1}{2} P \frac{\cos 30^\circ}{\sin 30^\circ} - d = M + M' - 3d_{i\delta} + \frac{\sqrt{3}}{2} P - d.$$

Среднеквадратическое отклонение погрешности:

$$\sigma_1 = \sqrt{\sigma_M^2 + \sigma_{M'}^2 + 9\sigma_{d_{i\delta}}^2 + \frac{3}{4} \sigma_P^2 + \sigma_d^2} \quad (8)$$

Основными составляющими погрешностей, среднеквадратические отклонения которых входят в формулы (6)...(8), являются: инструментальная погрешность, погрешность базирования, погрешность рабочего эталона, погрешность объекта контроля, температурная погрешность.

Анализ числовых значений погрешностей измерения выявил следующее.

1. Средство измерения с одним наконечником обеспечивает наибольшую погрешность измерения. Это обусловлено необходимостью проводить два дополнительных измерения (M' и d). Таким образом, СКО суммарной погрешности имеет на две составляющие больше, что существенно сказывается на ее величине. Можно также отметить, что наличие этих двух составляющих скажется также и на производительности операции измерения, увеличив ее практически в 2 раза. Следовательно, использование одного наконечника нецелесообразно, т.к. обеспечивает наименьшую производительность и наибольшую вероятность ошибочной разбраковки.

2. СКО погрешностей измерения средствами с двумя и тремя наконечниками практически равны между собой. При использовании средства с двумя наконечниками проблема заключается в точной установке угла поворота оси измеряемой детали. Отклонение этого угла от заданного номинального значения будет вносить дополнительную погрешность базирования детали. СКО погрешности средства с тремя наконечниками имеет немного большую величину (примерно на 5%), что обусловлено, отклонением расстояния между осями наконечников. Если допуск на это расстояние выполнить не удастся, то его значение придется увеличивать, что в дальнейшем может существенно сказаться на увеличении инструментальной составляющей погрешности измерения.

Таким образом, можно сделать вывод, что наиболее оптимальным (в плане минимума погрешности измерения) в данных условиях является средство измерения, имеющее два наконечника. Это средство и обеспечит наименьшее значение вероятности ошибочной разбраковки.

На рисунке 3 приведен изображение модели измерительного устройства среднего диаметра резьбы шпильки.

Измерительное устройство состоит из двух бабок: неподвижной 2 и подвижной 5 с вращающимися центрами. Вращательное движение, обеспечиваемое мотор редуктором 3, передается на ведущий центр неподвижной бабки посредством кулачково-дисковой муфты. Осевое перемещение центра подвижной бабки 5 осуществляется посредством пневмоцилиндра 6. Измерительная скоба 1 закреплена при помощи кронштейна на шариковой направляющей, которая установлена на станине 10. Направляющая, управляемая пневмоцилиндром, осуществляет подвод измерительной скобы на позицию измерения. Движение направляющей ограничивает стопорный винт. Бабки установлены на синусной линейке 7, которая поднимается на высоту одной из комплекта плоскопараллельных мер, при помощи пневмопривода и образует угол α . Настройка станции производится по рабочему эталону (в качестве рабочего эталона выступает калибр-пробка).

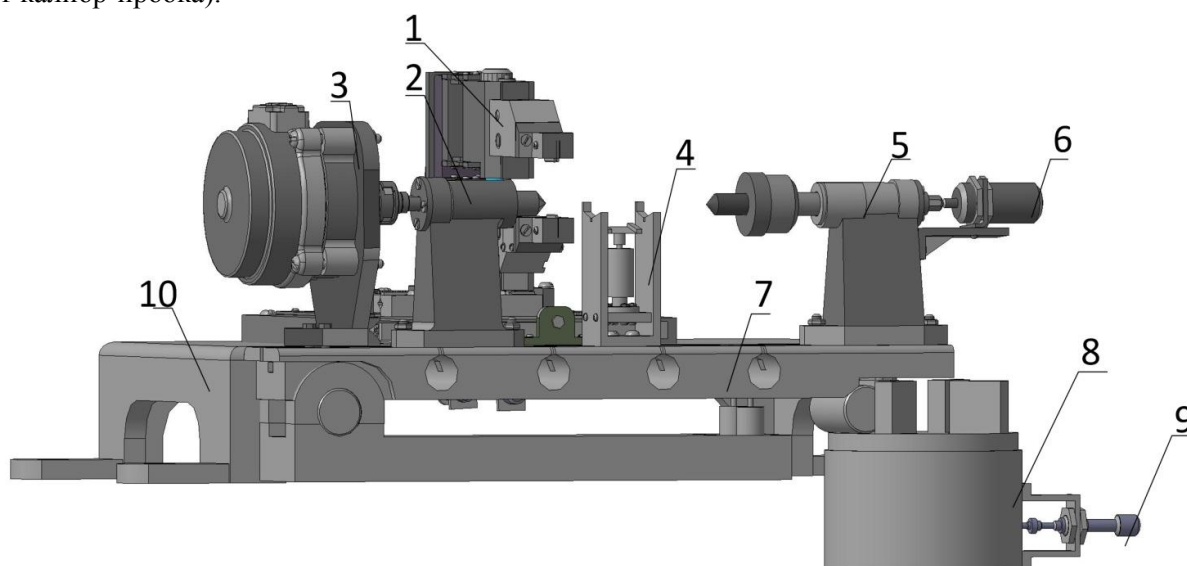


Рисунок 3 – Изображение модели измерительного устройства:

- 1 – скоба индуктивная; 2 – неподвижная бабка; 3 – двигатель;
4 – выталкиватель; 5 – подвижная бабка; 6 – привод подвижной бабки;
7 – синусная линейка; 8 – поворотный стол; 9 – привод поворотного стола; 10 – станина

Наладка скобы на размер осуществляется перемещением губок индуктивной скобы. Настройка индуктивного преобразователя на измеряемую величину осуществляется настроечным винтом. Арретирование измерительных губок осуществляется с помощью пневмоштока встроенного в подвижную каретку упругого параллелограмма. При измерении двумя проволочками поворотный стол 8, при помощи пневмопривода 9, поворачивает к синусной линейке необходимую меру, пневмоарретир поднимает линейку и плавно опускает на меру.

Данное измерительное устройство осуществляет сортировку деталей на пять групп: 1,2,3 группы – годные, исправимый и неисправимый брак.

Таким образом, решена задача выбора средства измерения среднего диаметра резьбы обеспечивающее минимальную величину погрешности измерения и наименьшее значение вероятности ошибочной разбраковки и, как следствие, наилучшее качество резьбового соединения. Разработана конструкция автоматизированного устройства измерения среднего диаметра резьбы.

Список использованной литературы:

1. Якушев А.И., Мустаев Р.Х., Мавлютов Р.Р. Повышение прочности и надежности резьбовых соединений. – М. : Машиностроение, 1979. – 214 с.
2. Якушев А.И. Влияние технологии изготовления и основных параметров резьбы на прочность резьбовых соединений. – М. : Оборонгиз, 1956. – 191с.
3. Иванов А.Г. Измерительные приборы в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1964. – 521 с.
4. Дворяшин Б.В. Основы метрологии и радиоизмерения: Учеб. пособие для вузов. – М.: Радио и связь, 1993. – 320 с.: ил.
5. Городецкий Ю.Г. Конструкции, расчет и эксплуатация измерительных инструментов и приборов. М.: Машиностроение, 1971. – 376 с.

© О.В. Филипович, Г.В. Невар, Н.А. Волошина, Л.Е. Карташов, 2015

УДК 62-91

М.А. Худаймуратов

старший преподаватель кафедры ПСАТП
Севастопольского государственного университета
г. Севастополь, Российская Федерация

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ РОБОТИЗИРОВАННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА СБОРКИ В ПРОГРАММНОЙ СРЕДЕ «BPWIN»

В процессе проектировании автоматизированных комплексов для сборочных операций требуется особое внимание к детальному анализу и разработке каждого шага алгоритма работы оборудования. Это достаточно трудоемкий и требующий системного подхода процесс. Также, в ходе эксплуатации автоматизированных комплексов сборки необходимо учесть возможные неполадки и перебои в работе отдельных узлов (механизмов), выявление и устранение которых требуют оперативного вмешательства обслуживающего персонала.

Для решения таких задач возникает необходимость сбора данных в виде информационных и материальных потоков, влияющих на процессы.