

Экспериментальное исследование положения оси перекоса резьбового соединения, нагруженного опрокидывающим моментом

08, август 2015

Муркин С. В.¹, Иванов А. С.^{1,*}, Куц М. С.¹

УДК: 539.371.001.24

¹Россия, МГТУ им. Н.Э. Баумана

[*publications-rk3@yandex.ru](mailto:publications-rk3@yandex.ru)

Ось перекоса резьбового соединения – это ось, вблизи которой давления в зоне контакта стягиваемых деталей, создаваемые опрокидывающим моментом, равны нулю [1].

Результаты исследования сближений по краям поверхностей контакта стягиваемых винтами фланцев и определение нагрузок на винты резьбового соединения, нагруженного опрокидывающим моментом и сжимающей силой, изложены в работе [2]. Эксперимент выполнен на разработанной авторами на установке, изображенной на рис. 1. Она состояла (рис. 2) из двух фланцев, двух стоек и рычага. Фланцы по поверхности контакта были фрезерованы и имели прямоугольную форму. Они стягивались четырьмя винтами М12.

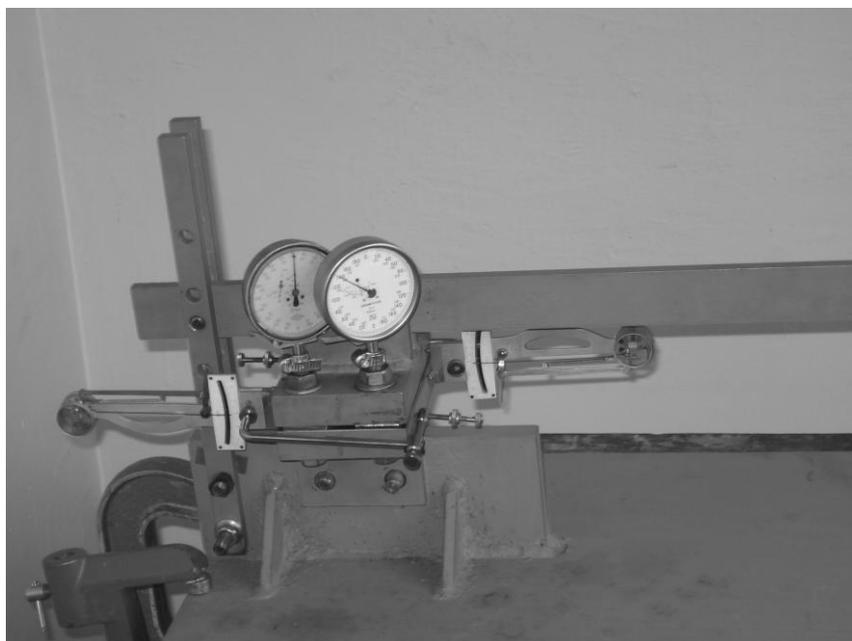


Рис. 1. Общий вид установки

Замеры сближений, возникающих в затянутом соединении после приложения к нему внешних нагрузок, проводились по левому и правому краям фланцев (см. рис. 2) двумя механическими тензотрами Гугенбергера 1 с ценой деления 1 мкм и базой 20 мм, а растяжение и укорочение нагруженной части винтов фиксировалось двумя индикаторами часового типа 2 с ценой деления шкалы 1 мкм.

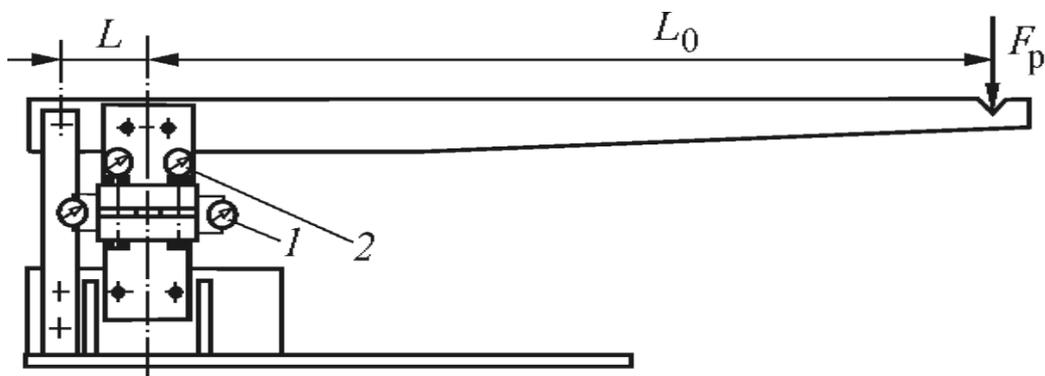


Рис. 2. Схема установки

Конструктивное исполнение крепления на винте индикатора часового типа представлено на рис. 3.

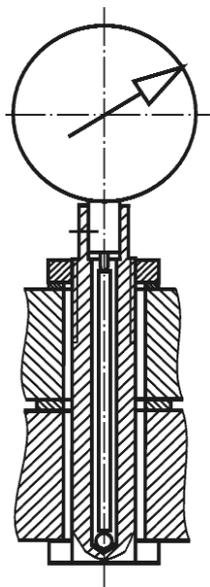


Рис. 3. Винт М12 с встроенным в него индикатором часового типа

Соединение исследовали, прикладывая к концу рычага (см. рис. 2) силу F_p . При этом реализовывали два варианта нагружения за счет перестановки местами двух штифтов в четырех отверстиях рычага: центральной силой $F_A = F_p(L_0 + L)/L$ (рис. 4. А); центральной силой $F_B = F_p$ и опрокидывающим моментом величиной $M_B = L_0 F_p$ (рис. 4. Б) (на рис. 1 резьбовое соединение нагружено по варианту рис. 4, А, а на рис. 2 – по варианту рис. 4. Б).

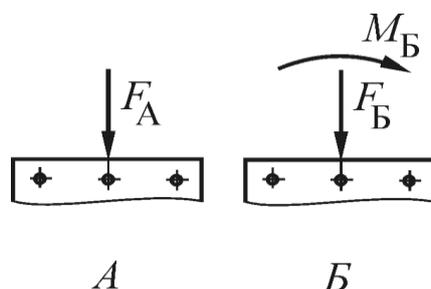


Рис. 4. Варианты нагружения

Тарировку винтов проводили на этой же установке путем удаления двух винтов и встраивания по оси симметрии стыка цилиндрического валика в качестве шарнирной опоры (рис. 5). Под нагрузкой (предварительная затяжка отсутствовала) находились два винта. Растягивающая нагрузка в винте, создаваемая силой F_p , составляла $F_p \cdot L_0 / (2x_1)$.

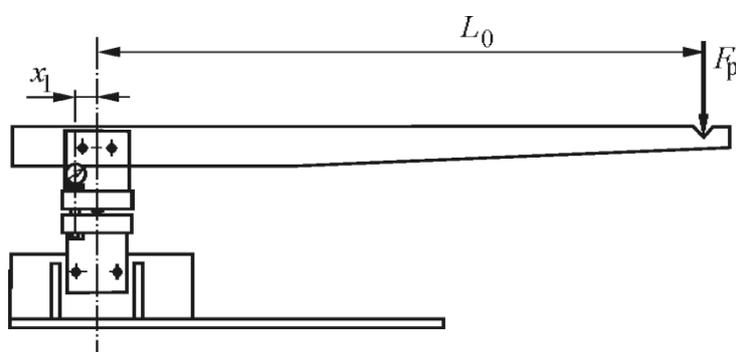


Рис. 5. Приспособление для тарировки винтов

В результате проведенных экспериментов было установлено, что внешняя нагрузка, создаваемая опрокидывающим моментом в винтах резьбового соединения, зависит от положения оси перекоса. Это указывает на актуальность более глубокого исследования положения оси перекоса резьбового соединения, нагруженного опрокидывающим моментом.

Для экспериментального исследования непосредственно положения оси перекоса резьбового соединения при его нагружении опрокидывающим моментом была изготовлена экспериментальная установка (рис. 6), состоящая из разрезной балки с расстоянием между опорами 980 мм, стянутой с помощью резьбового соединения. Резьбовое соединение образовано двумя прямоугольными фланцами, изготовленными из дуралюмина, и четырьмя винтами М8 класса прочности 8.8. Фланцы имели опорную поверхность длиной 114 мм, шириной 52 мм, толщинами 30 и 40 мм, расстояние от винтов до нейтральной оси соединения составляло 44 мм. Контактующие поверхности обработаны фрезерованием однозубой фрезой, т.е. круговым строганием. При этом по показаниям профилометра TR220 получено, что параметр шероховатости в разных точках контактных поверхностей $Ra_1 = Ra_2 = 11$ мкм. Винты затягивали с помощью динамометрического ключа предельного момента моментом завинчивания 10 Н·м, что соответствовало при коэффициентах трения в резьбе и на торце 0,1 силе затяжки 10000 Н. Точки приложения к балке нагрузки,

создаваемой нагружающим устройством, были симметрично разнесены относительно опор. Расстояние между этими точками составило 430 мм. Для измерения контактных перемещений вблизи верхнего и нижнего краев резьбового соединения на удалении от нейтральной оси на расстояние 47 мм было установлено два индикатора часового типа с ценой деления 0,001 мм. Нагружение осуществляли ручным прессом через динамометр. При силе прессы на динамометр 2000 Н резьбовое соединение нагружалось опрокидывающим моментом 225 Н·м.



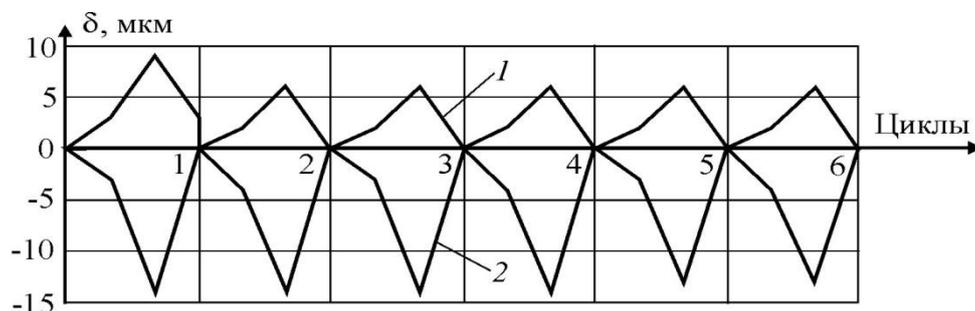
Рис. 6. Экспериментальная установка: 1 – пресс; 2 – динамометр; 3 – резьбовое соединение; 4 – индикатор часового типа, измеряющий сближения на стороне, подвергающейся сжатию; 5 – индикатор часового типа, измеряющий удлинения на стороне, подвергающейся отрыву

Было проведено две серии испытаний.

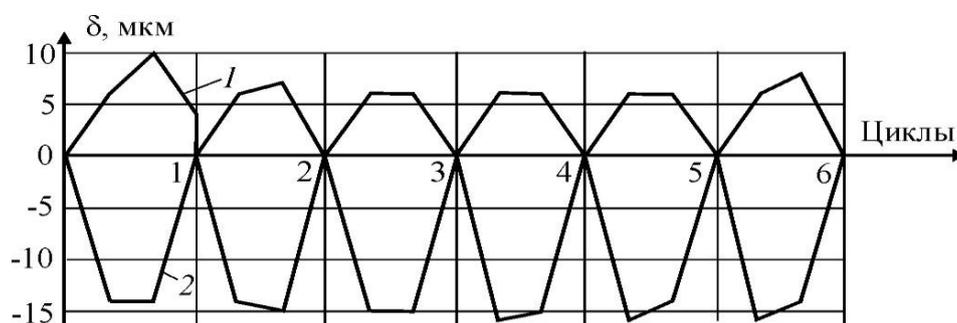
Первая серия моделировала схему нагружения соединения опрокидывающим моментом в одной плоскости. Результаты первых шести циклов нагружения графически представлены на рис. 7. а. Цикл включал выставление индикаторов на ноль, нагружение установки силой прессы 1000 Н, запись показаний индикаторов, нагружение установки силой 2000 Н, запись показаний индикаторов, снятие нагрузки, запись показаний индикаторов. При этом, если показания не возвращались в ноль, то их после записи обнуляли.

Вторая серия моделировала схему нагружения соединения опрокидывающим моментом при вращении соединения. Результаты первых шести циклов нагружения графически представлены на рис. 7. б. Цикл включал выставление индикаторов на ноль, нагру-

жение установки силой 2000 Н, запись показаний индикаторов, снятие нагрузки, запись показаний индикаторов, поворот установки вокруг ее горизонтальной оси на 180°. При этом, если показания не возвращались в ноль, то их после записи обнуляли.



а.



б.

Рис. 7. Изменение сближений δ по показаниям индикаторов часового типа верхнего (1) и нижнего (2) при первой (а) и второй (б) схемах нагружения

После окончания испытаний вновь произведено измерение параметра шероховатости в разных точках контактных поверхностей. Получено, что параметр не изменился: $Ra_1 = Ra_2 = 11$ мкм.

Из графиков рис. 7 видно, что после первого нагружения понадобилось обнуление показаний верхнего индикатора, указывающее на наличие пластических деформаций на сжатой стороне соединения (3 и 4 мкм соответственно при первой и второй сериях нагружения), после второго и последующих нагружений обнуления не понадобилось. На втором и последующем нагружениях сближения, замеренные верхним индикатором, практически по циклам не изменялись и отличались от первого на величину пластической деформации. Показания нижнего индикатора не менялось с первого цикла.

Анализ результатов испытаний позволил сделать выводы:

1. При нагружении резьбового соединения опрокидывающим моментом получено, что сближения на сжатой его стороне меньше, чем на растянутой и нелинейно увеличиваются с повышением нагрузки. Если в среднем принять показания верхнего и нижнего индикаторов равными $\delta_1 = 6$ мкм, $\delta_2 = 14$ мкм (см. рис. 7), то по результатам испытаний ось перекоса смещена относительно нейтральной оси на расстояние 18,8 мм.

2. В процессе проведения эксперимента при первом нагружении резьбового соединения отмечены пластические деформации вершин микронеровностей шероховатых поверхностей на сжатой стороне соединения, о чем свидетельствует невозвращение в ноль показаний верхнего индикатора при снятии нагрузки. При втором и следующих нагружениях такого явления не отмечено, что говорит о последующих упругих деформациях контактного слоя. При этом замеры параметра R_a шероховатости, характеризующего среднее арифметическое отклонение профиля, проведенные в разных точках соприкасаемых поверхностей перед испытаниями и после их окончания, показали, что этот параметр практически не меняется, что можно объяснить его интегральностью и вследствие этого нечувствительностью к изменению высоты наиболее выступающих вершин микронеровностей, число которых составляет доли процента от всех вершин контактирующих поверхностей.

3. В эксплуатации часто резьбовые соединения нагружены опрокидывающим моментом, изменяющимся по симметричному циклу. Моделирование такой ситуации произведено поворотом исследуемого соединения перед очередным нагружением на 180° вокруг нейтральной оси. Результаты испытаний показали, что в этом случае ось перекоса смещена относительно нейтральной оси на то же расстояние, что и при отсутствии поворотов.

4. Смещение оси перекоса резьбового соединения при его нагружении опрокидывающим моментом можно объяснить нелинейностью зависимости контактного сближения от давления, которая следует из анализа рис. 7. а.

Заключение

По результатам проведенного исследования получила дополнительное подтверждение пригодность для проектных расчетов методика расчета резьбового соединения с жесткими на изгиб фланцами при параметре шероховатости контактирующих поверхностей R_a большем, чем 1,25 мкм, предложенная в работе [3], учитывающая контактную податливость контактирующих поверхностей.

Список литературы

1. Иванов А.С., Ермолаев М.М., Куралина Н.Н., Муркин С.В. Расчет деформаций фрикционного соединения, нагруженного сжимающей силой и произвольной системой моментов // Вестник машиностроения. 2013. №7. С.17-19.
2. Иванов А.С., Кетат В.В. Экспериментальное исследование резьбового соединения, нагруженного отрывающей силой и опрокидывающим моментом // Механика и физика процессов на поверхности и в контакте твердых тел и деталей машин: Межвузовский сборник научных трудов. Вып 2. / под ред. Н.Б. Демкина. Тверь: ТГТУ. 2006. 232 с. С. 207-211.

3. Муркин С.В., Иванов А.С., Ермолаев М.М. Теоретико-экспериментальное исследование группового резьбового соединения, нагруженного отрывающей силой и опрокидывающим моментом // Вестник машиностроения. 2014. №5. С.20-28.