

©Куприянов А.В.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОГРЕШНОСТИ ГЕОМЕТРИИ ФОРМЫ ДЕТАЛЕЙ НА ПРОЧНОСТЬ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО СОЕДИНЕНИЯ С НАТЯГОМ

1. Постановка проблемы

В промышленности широко используются соединения с натягом, которые обеспечивают высокую прочность на осевой сдвиг и проворачивание. Такие авторы, как Андреев Г.Я., Бобровников Г.Я., Арпентьев Б.М., Зенкин А.С., Святуха А.А. исследовали влияние различных геометрических и технологических параметров на прочность соединения с натягом. Известно, что наибольшее влияние на прочность такого соединения оказывает величина натяга. К другим параметрам, оказывающим существенное влияние, относятся:

- материал и характеристики поверхностного слоя сопрягаемых деталей;
- микрогеометрия посадочных поверхностей – шероховатость и ее направление;
- наличие промежуточных сред – смазок, клеевых прослоек.

Целенаправленных экспериментальных исследований влияния на прочность макрогеометрических показателей сопрягаемых поверхностей, таких как погрешность геометрии формы, автору не известно. Это можно объяснить тем, что специальное проведение таких исследований требует механической обработки деталей с прецизионной точностью. Не найдено также теоретических расчетов в данном направлении.

Наличие погрешности геометрии формы может существенно сказываться на прочности соединения с натягом. При этом экспериментальные исследования имеют большую достоверность, чем теоретические.

2. Цель исследований

Целью исследований является определение величины влияния погрешности геометрии формы на прочность цилиндрического соединения с натягом.

3. Основное содержание и результаты работы

3.1. Выбор экспериментальных соединений

В работе исследуются цилиндрические соединения с натягом. ГОСТ 24642-81 нормирует совокупность отклонений всей поверхности (допуск цилиндричности), отдельных ее сечений либо отдельных геометрических элементов, независимо от формы реальной поверхности. С целью исследования влияния формы реальной поверхности в работе исследовалось влияние на прочность соединения применявшихся ранее частных видов отклонений формы. К ним относятся отклонения профиля поперечного сечения: конусообразность, бочкообразность, седлообразность и отклонения от круглости: овальность.

Относительная геометрическая точность формы может составлять от 60% поля допуска для нормальной (А) до менее 25% для особо высокой геометрической точности [1]. Если при сборке с натягом погрешность геометрии формы деталей не нормируется, то ее величина может соответствовать нормальной геометрической точности.

Номинальный посадочный диаметр у соединений был принят $\varnothing 60$. Выбор посадочного диаметра соединения обусловлен тем, что при меньших значениях требуемая температура нагрева при тепловой сборке значительно увеличивается. Большие значения увеличивают металлоемкость экспериментальных образцов и, соответственно, их стоимость.

Для экспериментов была выбрана посадка $\varnothing 60 \text{ H8/u8}$. Для 8-го качества нормальная (А) относительная геометрическая точность соответствует 7-й степени точности. Для $\varnothing 60$ допуск погрешности геометрии формы 16 мм на сторону, 32 мм на диаметр. С целью усилить влияние погрешностей геометрии

формы при моделировании принимался минимальный натяг в соединении – 0,04 мм.

Достаточно грубая из применяемых для соединений с натягом посадка была выбрана по причине ограничений по точности имеющегося обрабатывающего оборудования. Дело в том, что изготовление погрешности формы на экспериментальных образцах необходимо было выполнять в пределах поля допуска посадки, при повышении точности затруднительно специально получить требуемую погрешность геометрии формы.

Для искусственного получения погрешности геометрии формы на поверхности экспериментальных валков использовались токарные станки с программным управлением. Посадочные поверхности втулок шлифовались.

При выборе материалов образцов исходили из требования, что они по своим физико-механическим свойствам должны соответствовать материалам, которые применяются для соединений с натягом. Поэтому для экспериментальных образцов принята сталь 45, так как ее магнитные свойства и теплопроводность соответствуют свойствам материала реальных деталей и она хорошо обрабатывается.

Экспериментальные образцы показаны на рис. 1, погрешности геометрии формы графически увеличены для наглядности. Втулки были приняты цилиндрическими (рис. 1а), а погрешность геометрии формы изготавливалась на валах. Цилиндрический вал (рис. 1б) сравнивался с имеющими конусообразность, седлообразность, бочкообразность и овальность (рис. 1в – 1е). Для валов предусматривались хвостовики, которые при проведении практической экспериментальной проверки упростят выпрессовывание.

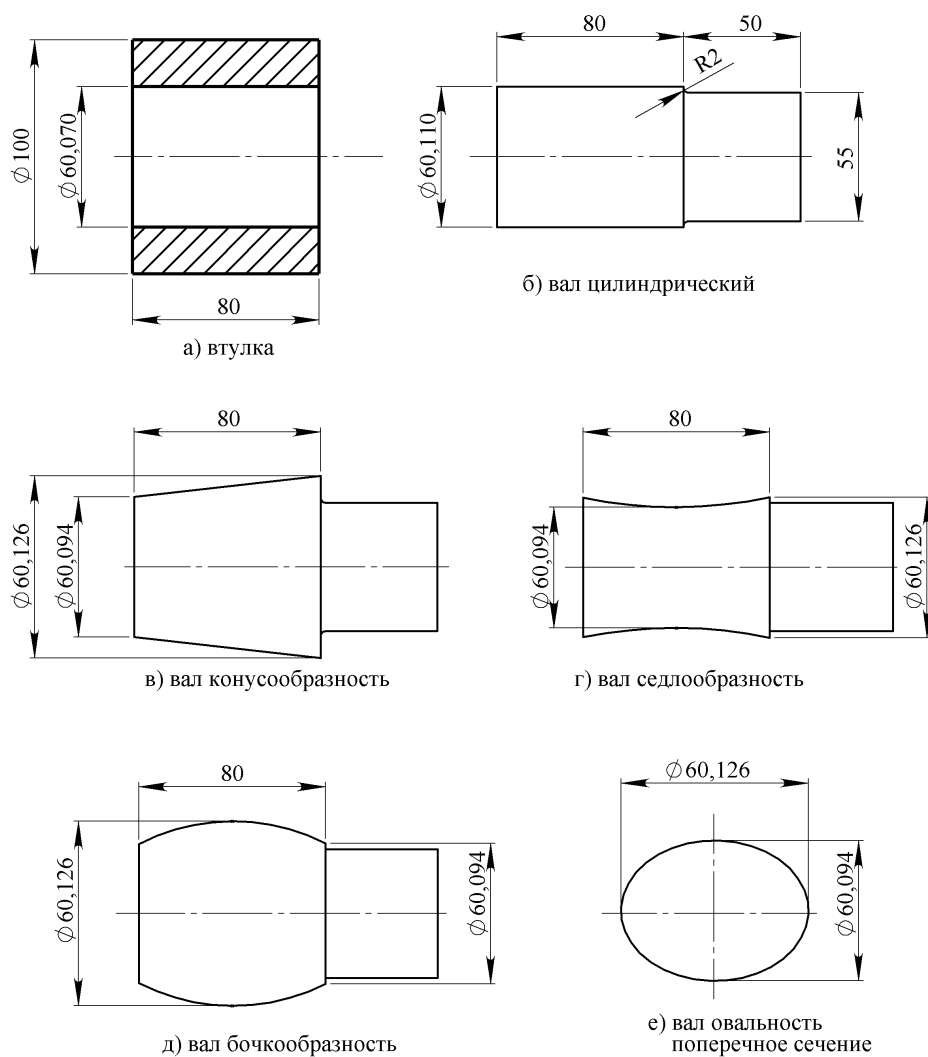


Рис. 1 – Экспериментальные образцы

3.2. Проведение экспериментов

В процессе эксперимента были изготовлены, измерены, скомплектованы, собраны тепловой сборкой, а затем распрессованы 15 соединений, по три каждого вида: без погрешности геометрии, с конусообразностью, седлообразностью, бочкообразностью и овальностью.

Для измерение наружного диаметра использовался оптиметр ИК6, с ценой деления 0,001 мм. Для измерение внутреннего диаметра использовался нутромер с индикаторной головкой с ценой деления 0,001 м. Измерение величины шероховатости проводилось на двойном микроскопе МИС-11. Для разборки экспериментальных соединений использовался пресс Р50. Запись

диаграммы распрессовки проводить через входящую в состав прессы систему, на миллиметровую бумагу.

Поскольку задачей эксперимента было установить влияние погрешностей геометрии формы на прочность, то все другие параметры экспериментальных образцов, как то: материал, шероховатость, окончательная обработка, были идентичны. Однако при изготовлении экспериментальных образцов стало понятно, что при помощи доступных методов механической обработки невозможно совершенно уравнивать натяг. В то же время величина натяга оказывает на прочность соединения гораздо большее влияние, чем прочие факторы.

Поэтому воспользовались предложенными в [2] методами комплектования на основе ранжирования для выравнивания натяга. Были рассмотрены два варианта комплектования деталей:

1. Комплектовать все 15 комплектов, имея размах натяга $N_{\min} = 0,025$; $N_{\max} = 0,041$.

2. Разделить на две группы, и комплектовать отдельно «лучшие» 11 комплектов, получив $N_{\min} = 0,03$; $N_{\max} = 0,043$, и отдельно «оставшиеся» 4 комплекта.

Было принято решение поступить по второму варианту, при этом для «лучших» образцов среднее отклонение натяга от номинального меньше 0,01 мм. В «оставшиеся» были выведены те, у которых точность полученной на валах погрешности геометрии несколько ниже.

3.3. Результаты экспериментов

Фотография соединений после тепловой сборки изображена на рис. 2а), после распрессовки на рис. 2б). Характеристики и полученная в результате экспериментов прочность экспериментальных соединений приведена в таблице, а также в относительных цифрах в виде диаграммы на рис. 3.

Если принять прочность соединения без погрешности геометрии формы за 1, то наибольшее снижение прочности, до 0,59, показали соединения с

седлообразностью. Конусообразность показала прочность 0,87. Бочкообразность и овальность показали приблизительно равную, прочность, 0,8 и 0,79 соответственно.



а)



б)

Рис. 2 – Экспериментальные соединения перед и после распрессовки

Таблица 1 – Результаты комплектования и прочность при распрессовке экспериментальных образцов

| Вал | Втулка | Средн. диам. вала, мм | Средн. диам. втулки, мм | Натяг, мм | Отклонение от 0,04 | Прочность, кН | Средняя прочность, кН | Прочность к цилиндричности |
|------------|--------|-----------------------|-------------------------|-----------|--------------------|---------------|-----------------------|----------------------------|
| 1.1 | 9 | 60,112 | 60,070 | 0,0427 | 0,0027 | 157 | 166,5 | 1 |
| 1.3 | 7 | 60,113 | 60,074 | 0,0392 | -0,0008 | 176 | | |
| 2.1 | 14 | 60,110 | 60,067 | 0,0432 | 0,0032 | 137 | 144,5 | 0,87 |
| 2.2 | 3 | 60,111 | 60,069 | 0,0423 | 0,0023 | 152 | | |
| 3.1 | 4 | 60,112 | 60,069 | 0,0432 | 0,0032 | 107 | 99 | 0,59 |
| 3.2 | 10 | 60,118 | 60,078 | 0,0393 | -0,0007 | 103 | | |
| 3.3 | 5 | 60,117 | 60,076 | 0,0408 | 0,0008 | 87 | | |
| 4.1 | 12 | 60,104 | 60,067 | 0,0372 | -0,0028 | 136 | 134 | 0,80 |
| 4.2 | 2 | 60,097 | 60,067 | 0,0303 | -0,0097 | 132 | | |
| 5.1 | 1 | 60,114 | 60,074 | 0,0393 | -0,0007 | 115 | 131 | 0,79 |
| 5.2 | 6 | 60,111 | 60,067 | 0,0433 | 0,0033 | 147 | | |
| | | | Среднее | 0,0401 | 7,6E-05 | | | |
| Оставшиеся | | | | | | | | |
| 2.3 | 15 | 60,091 | 60,053 | 0,0375 | -0,0025 | 244 | | |
| 1.2 | 11 | 60,092 | 60,072 | 0,0198 | -0,0202 | 129 | | |
| 4.3 | 8 | 60,094 | 60,075 | 0,0193 | -0,0207 | 106 | | |
| 5.3 | 13 | 60,101 | 60,080 | 0,0210 | -0,0190 | 95 | | |
| | | | По всем | 0,0359 | -0,0041 | | | |

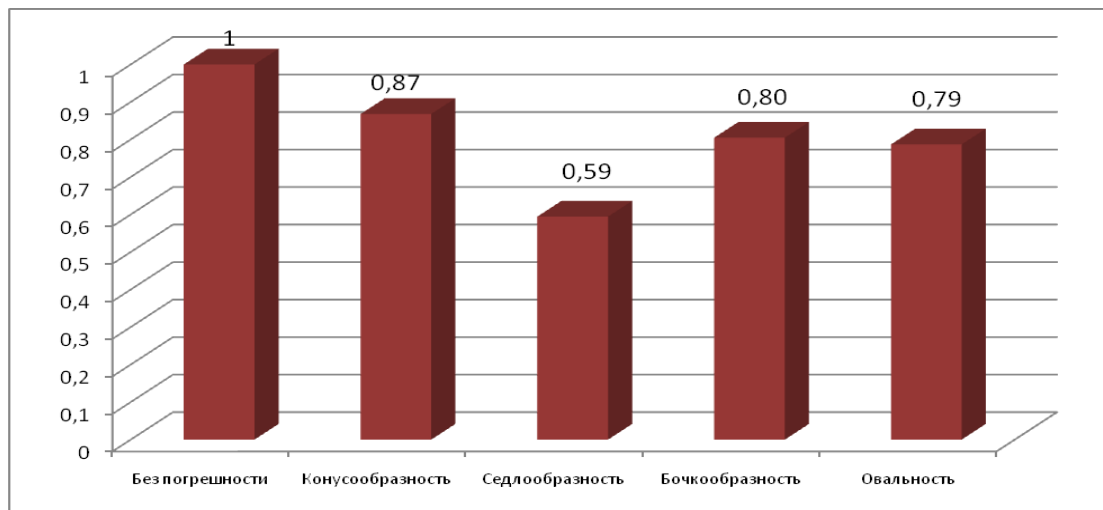


Рис. 3 – Сравнительные результаты прочности на осевой сдвиг соединений с погрешностью геометрии

Выводы

1. Проведенные эксперименты показали, что погрешность геометрии оказывает существенное влияние на прочность цилиндрического соединения с натягом.

2. Наибольшее снижение прочности, до 40%, оказывает седлообразность. Конусообразность снижает прочность на 13%, бочкообразность и овальность показали приблизительно равное влияние, около 20% снижения.

3. Целесообразно ввести более жесткое нормирование погрешности геометрии формы при изготовлении деталей ответственных соединений с натягом.

Список использованных источников:

1. Допуски и посадки : Справочник. В 2-х ч. Ч. 1. / В. Д. Мягков, М. А. Палей, А. Б. Романов, В. А. Брагинский. – 6-е изд, перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, 1982. – 543 с.

2. Куприянов А.В. Методы комплектования деталей на основе ранжирования для уменьшения допуска замыкающего звена размерной цепи / А. В. Куприянов, Н. Ю. Ламнауэр // Системи обробки інформації : зб. наук. пр. / Харк. ун-т Повітряних Сил ім. І. Кожедуба. – Х., 2010. – Вип. 8 (89). – С. 58-61.

Куприянов А.В. «Экспериментальное исследование влияния погрешности геометрии формы деталей на прочность цилиндрического соединения с натягом».

В работе экспериментально исследовано влияние погрешности геометрии формы на прочность цилиндрического соединения с натягом. Погрешность геометрии оказывает существенное влияние на прочность цилиндрического соединения с натягом. Наибольшее снижение прочности, до 40%, оказывает седлообразность. Конусообразность снижает прочность на 13%, бочкообразность и овальность показали около 20% снижения. Целесообразно ввести более жесткое нормирование погрешности геометрии формы при изготовлении деталей ответственных соединений с натягом.

Ключевые слова: натяг, прочность соединения, погрешности геометрии формы, эксперимент.

Куприянов О.В. «Експериментальне дослідження впливу похибки геометрії форми деталей на міцність циліндричного з'єднання з натягом».

У роботі експериментально досліджений вплив похибки геометрії форми на міцність циліндричного з'єднання з натягом. Похибка геометрії істотно впливає на міцність циліндричного з'єднання з натягом. Найбільше зниження міцності, до 40%, дає сідлоподібність. Конусоподібність знижує міцність на 13%, бочкоподібність і овальність показали близько 20% зниження. Доцільно ввести більш жорстке нормування похибки геометрії форми при виготовленні деталей відповідальних з'єднань з натягом.

Ключові слова: натяг, міцність з'єднання, похибки геометрії форми, експеримент.

Kupriyanov A.V. «Experimental research of influencing of inaccuracy of form geometry of details on cylindrical joint efficiency with interference fit».

Influence of inaccuracy of form geometry on cylindrical joint efficiency with interference fit is experimentally investigated in research. The inaccuracy of geometry has substantial influence on cylindrical joint efficiency with interference fit. Bow is most decline of efficiency, to 40%. Taper reduces efficiency on 13%, crowning and oval showed of about 20% reduces. It is expedient to enter more hard setting of norms of inaccuracy of form geometry at making of details of major connections with interference fit.

Key words: interference, joint efficiency, inaccuracy of geometry of form, experiment.

Стаття надійшла до редакції 14 листопада 2012 р.