

бовых деталей - δQ_{Δ} . Эта погрешность находится:

$$\delta Q_{\Delta\omega} = \frac{\Delta\omega_{\text{пр}}^2 \cdot F_6 \cdot E_6 \cdot P}{720 \cdot \varepsilon_{\text{пр}} \cdot l} \quad (40)$$

Найдем составляющие случайных погрешностей осевых сил на этапе окончательной затяжки групповых соединений гайковертом на основе муфты предельного момента, дифференциального механизма и механизмов свободного хода.

Суммарная погрешность осевых сил окончательной затяжки запишется:

$$\delta Q_o = \sqrt{\delta Q_k^{2'} + \delta Q_{\Delta}^{2'} + \delta Q_{\Delta\omega}^{2'}} \quad (41)$$

Погрешность осевой силы затяжки $\delta Q_k'$ находится из выражения (8), погрешность $\delta Q_{\Delta}'$ – из выражения:

$$\delta Q_l' = \frac{I_z \omega_3^2 F_6 E_6 P}{32 \cdot 360 \cdot Q_o \cdot l} \quad (42)$$

погрешность $\delta Q_{\Delta\omega}'$ – из выражения:

$$\delta Q_{\Delta\omega}' = \frac{\Delta\omega_3^2 F_6 E_6 P}{720 \varepsilon_3 l} \quad (43)$$

Суммарная погрешность осевых сил затяжки резьбовых деталей многошпindelным гайковертом на основе муфты предельного момента, дифференциального механизма и механизма свободного хода запишется:

$$\delta Q_{\Sigma} = \sqrt{\delta Q_n^2 + \delta Q_o^2} \quad (44)$$

Следовательно, теоретическое значение погрешностей осевой силы затяжки многошпindelным гайковертом составляет не более 3% от номинального значения осевой силы.

Литература

1. Иосилевич, Г.Б. Затяжка и стопорение резьбовых соединений: Справочник / Г.Б. Иосилевич, Г.Б. Строганов, Ю.В. Шарловский. – М.: Машиностроение, 1985. – 224 с.

Особенности сборки цилиндрических соединений с натягом комбинированным клеетепловым методом

Князев Д.В.

ГКНПЦ им. М.В. Хруничева,

Комбинированный клее-тепловой метод сборки соединений с натягом находит все большее применение в промышленности, так как прочность таких соединений в 2,5...3 раза выше, чем у соединений, полученных нагревом охватываемой детали, и в 1,3...1,5 раза, чем у соединений, образующихся склеиванием.

Анализ клее-теплого метода сборки. Сочетание двух методов позволяет устранить недостатки, присущие каждому из них. Так, наличие диаметрального зазора δC под адгезив, оптимальная величина которого составляет 0,1...0,3 мм, не позволяет обеспечить центрирование собираемых деталей. При этом смещение сопрягаемых поверхностей Δ может достигать величины $\delta C/2$, а угол их перекося $\alpha = \text{arctg } \delta C/L$, где L – длина сопряжения. Это недопустимо при сборке валов с зубчатыми колесами, подшипниками и т.п., поэтому процесс сборки усложняется центрированием сопрягаемых поверхностей перед выполнением соединения и закреплением деталей на время полимеризации адгезива, что требует применения специальных сборочных приспособлений. Соединения с натягом, получаемые за счет нагрева охватываемой детали, имеют низкий предел усталостной прочности, недостаточную ста-

тическую прочность, а также подвержены коррозии.

Прочность соединений (сила выпрессовки – $P_{\text{вып}}$), получаемых комбинированным методом, принято рассчитывать по формуле:

$$P_{\text{вып}} = \pi dL(\tau K + pf), \quad (1)$$

где: d, L – номинальный диаметр и длина соединения, мм;

τ – предел прочности на сдвиг клеевого соединения, Н/мм²;

K – интегральный поправочный коэффициент, учитывающий особенности конкретного соединения: материал деталей, тип соединения, его геометрию, величину зазора, условия работы и т.п.;

p – удельное давление на поверхности контакта, МПа;

f – коэффициент сцепления [2].

При проведении исследований использовались анаэробные адгезивы. Выбор анаэробных адгезивов обусловлен удобством их применения: сохранением жидкого состояния на воздухе; быстрой начальной полимеризацией без доступа воздуха (схватывание собираемых деталей происходит за 1...10 минут); возможностью автоматического нанесения адгезива с помощью дозаторов; их устойчивостью к воздействию агрессивных сред и т.п. Так однокомпонентный адгезив «Локтайт 620» имеет следующие характеристики: адгезионную прочность (предел прочности на сдвиг) при температуре 22°C $\tau = 17...37$ МПа; выдерживаемое давление до 30МПа и температурную стойкость до 200°C (кратковременный нагрев до 250°C).

При автоматическом выполнении таких соединений особое значение приобретает величина монтажного теплового зазора – δ_c . Исследования, проведенные на кафедре «Технология машиностроения» МГТУ им. Н.Э. Баумана, показали, что безотказность выполнения автоматического сборочного процесса с использованием простейших исполнительных механизмов обусловлена величиной $\delta_{c \min} \approx 0,001 d$. Для соединений с номинальным диаметром d , равным 30...100 мм, $\delta_{c \min}$ составляет 0,03...0,1 мм, соответственно.

При меньших диаметральных зазорах δ_c на выполнение соединений начинают влиять погрешности формы Δ_ϕ сопрягаемых поверхностей и их пространственное положение Δ_{III} , при этом величина фактического зазора $\delta_{c\phi}$ будет равна:

$$\delta_{c\phi} = \delta_c - \sqrt{\frac{\Sigma \Delta_\phi^2 + \Sigma \Delta_{\text{III}}^2}{2}}. \quad (2)$$

Причем погрешность формы Δ_ϕ для поверхностей сопряжения обычной точности может достигать 30% T_d – допуска на выдерживаемый размер как в поперечном (огранка), так и в продольном (конусность, бочкообразность) направлениях. Особенно высока степень риска при уменьшающемся тепловом зазоре в процессе выполнения соединения. При малых зазорах необходимо обеспечить практически отсутствие угла перекося осей сопрягаемых поверхностей (рис. 1), угол γ не должен превышать 20...25°.

Для проведения исследований процесса сборки была создана экспериментальная установка, позволяющая обеспечить центрирование сопрягаемых поверхностей (рис. 2). У собираемых образцов выполнены: центровое отверстие и фаска на валу и центрирующая расточка и фаска на отверстии втулки. Нагретую втулку 1 устанавливают с зазором 1мм в кольцо 4 корпуса 5, выполненное из изоляционного материала. Вал 2 с предварительно нанесенным адгезивом на сопрягаемую поверхность устанавливают на конус подпружиненного центра 3. Под действием сборочной силы вал входит в центрирующую расточку втулки 1 и происходит сопряжение с тепловым зазором.

Исследовались соединения с номинальным диаметром 60 мм с натягом от 0,01 до 0,07 мм, что соответствует посадкам от H7/js6 до H7/s6. Образцы обрабатывались на токарном станке, шероховатость сопрягаемых поверхностей составляла 2,5...5 мкм (Ra 3,2 мкм), что является оптимальным для клеевых соединений. Погрешность формы поверхности Ø60 у

втулок (закрепление в 3-х кулачковом патроне) – трехгранка составила 0,02...0,06 мм, у валов (закрепление в центрах) – 0,008...0,012 мм. Эти погрешности уменьшают площадь контакта сопрягаемых поверхностей и величину фактического натяга. Фактическая площадь контакта, рассчитанная по методике, предложенной в работе [1], составила 17...19% от теоретической.

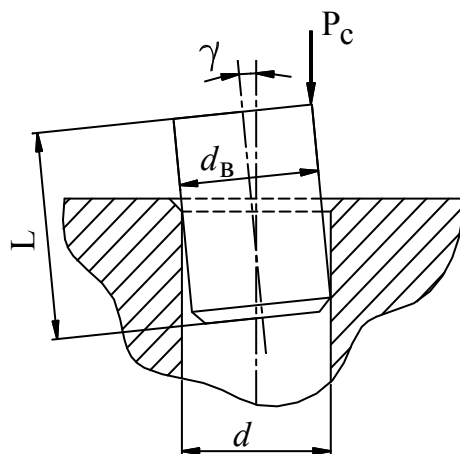


Рис. 1. Схема выполнения цилиндрического соединения:

d, L – параметры соединения; d_B – диаметр вала, γ – угол перекаса сопрягаемых поверхностей, $P_{сб}$ – сборочная сила.

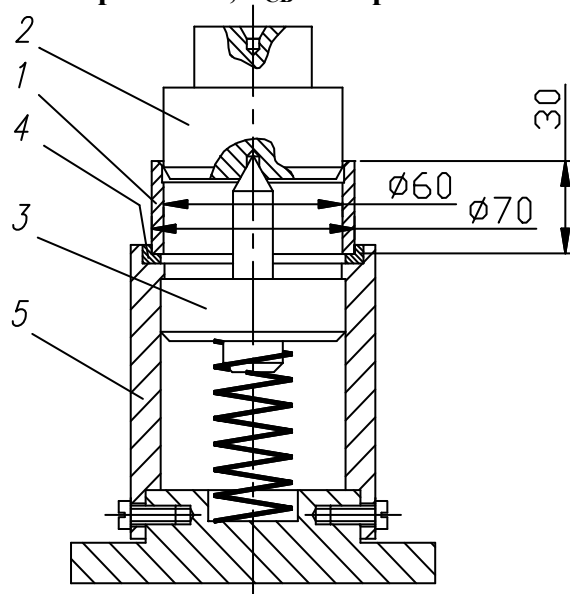


Рис. 2. Экспериментальная установка:

1, 2 – собираемые детали, 3 – подпружиненный центр, 4 – кольцо, 5 – корпус.

В реальных условиях она может быть и меньше из-за неучтенных погрешностей, что подтверждают фотографии среза клеетеплового соединения (150-х кратное увеличение). На рис. 3 показаны круглограммы сопрягаемых поверхностей втулки (а) и вала (б), которые получены измерением поперечного сечения поверхностей на измерительной машине OPTON фирмы Hewlett Packard. Погрешность формы отверстия втулки равна допуску на заданный размер, т.е. 0,03 мм. На фотографии (рис. 4 а, б) представлены разрезы соединения по наименьшему натягу (сечение ОА) и наибольшему натягу (сечение ОБ). Как видно из фотографий, в зоне выступов вершин трехгранника непосредственный контакт сопрягаемых поверхностей отсутствует – вся полость заполнена анаэробным адгезивом. В зоне максимального натяга впадины микронеровностей также заполнены адгезивом, а в немногочисленных участках контакта клеевая прослойка составляет от 1,5 до 3 мкм. Величину фактического натяга

δ_{CF} предлагают рассчитывать [3] по формуле:

$$\delta_{CF} = \delta_C - 0.5 \cdot [\Delta_{\phi B} + \Delta_{\phi O} + W_B + W_O + 5(Ra_B + Ra_O)] \quad (3)$$

где: δ_C – расчетный натяг в мкм,

Ra_B, Ra_O – среднеквадратические высоты микронеровностей сопрягаемых поверхностей,

W_B, W_O – средние высоты волнистостей сопрягаемых поверхностей,

$\Delta_{\phi B}, \Delta_{\phi O}$ – максимальные величины погрешностей формы сопрягаемых поверхностей.

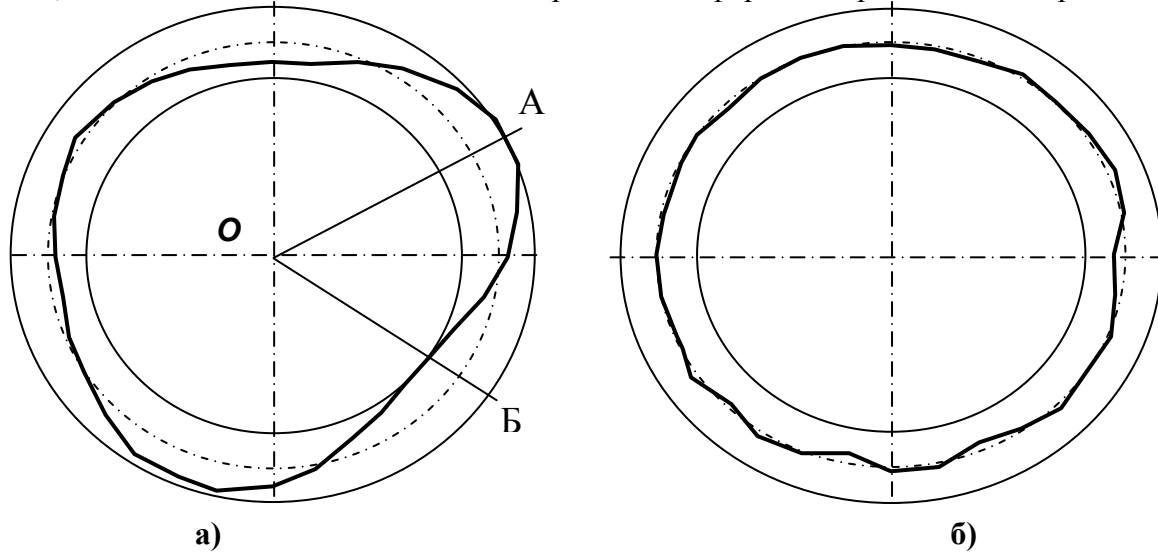


Рис. 3. Круглограммы сопрягаемых поверхностей втулки (а) и вала (б).

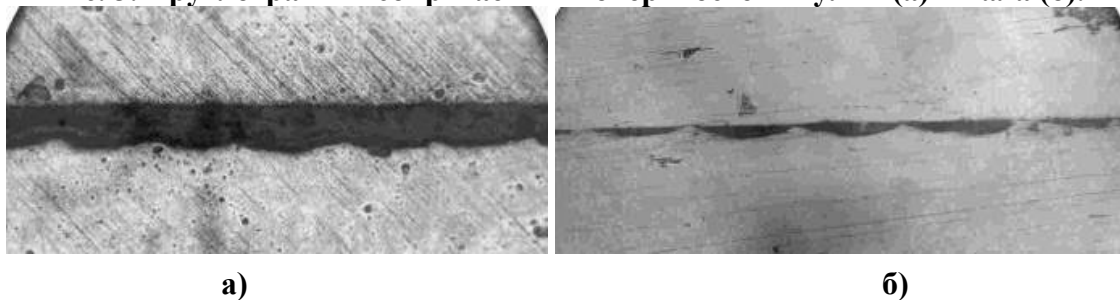


Рис. 4. Микрошлифы соединения по наименьшему (а) и наибольшему (б) натягу.

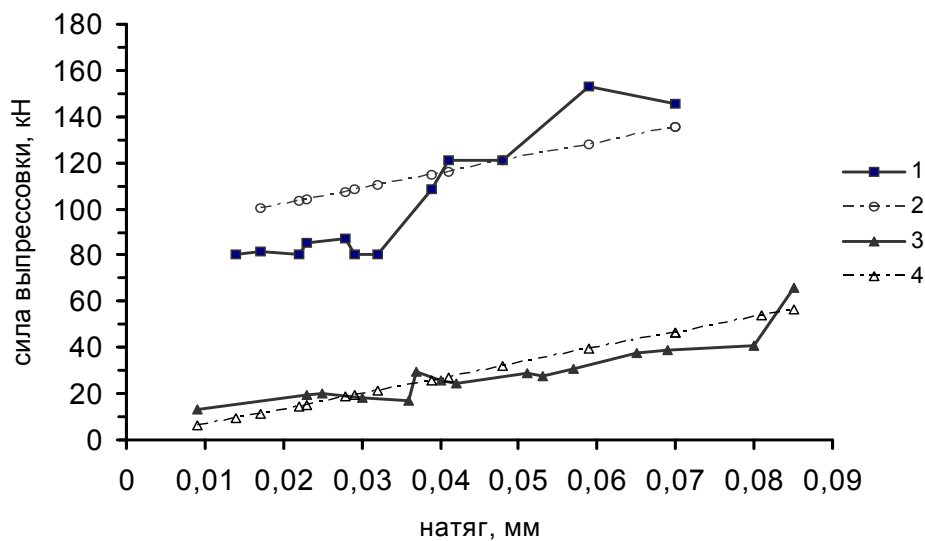


Рис. 5. Зависимость прочности соединений от величины натяга:
1, 2 – кле-тепловые соединения; 3, 4 – тепловые соединения; 1, 3 – экспериментальные кривые; 2, 4 – расчетные кривые.

Для конкретных экспериментальных соединений рассчитанная величина фактического натяга $\delta_{сф}$ примерно равна нулю при номинальном натяге δ_c соединения меньшем 0,04 мм. Поэтому, как видно из графика (рис. 5 линия 1), на силу выпрессовки $P_{вып}$ при натягах $\delta_c < 0,04$ мм не влияет увеличение натяга, она постоянна и обусловлена в основном прочностью клеевого соединения поскольку адгезив заполняет все пустоты. В интервале δ_c от 0,01 до 0,04 мм сила выпрессовки равна 80 кН. При натягах больших 0,04 мм, когда фактический натяг на площади контакта становится больше указанных погрешностей (см. формулу 3), на прочность соединения влияет изменение величины натяга, и результаты расчетов силы выпрессовки по формуле (1) практически совпадают с результатами экспериментов (см. рис. 5 линии 1, 2). Для сравнения на рис. 5 приведены графики теоретических 3 и экспериментальных 4 зависимостей прочности аналогичных соединений, полученных только тепловой сборкой.

Выводы.

Экспериментальные исследования показали, что комбинированным методом можно получать соединения, равнопрочные с соединениями, полученными тепловым методом при уменьшении натяга в 2...8 раз. Использование небольших номинальных натягов в пределах 0,01...0,02 мм (посадки Н7/с6, Н7/к6) позволяет точно центрировать сопрягаемые поверхности и получать соединения, соответствующие по прочности, равные посадкам Н7/с6. Это позволяет повысить усталостную прочность и долговечность собираемых деталей.

Литература

1. Курносое Н.Е. «Обеспечение качества неподвижных соединений». Монография. - Пенза: изд-во Пенз. Гос. ун-та, 2001. - 224с.
2. Применение адгезивов для получения неподвижных цилиндрических соединений / В.А. Верещагин, В.И. Жорник, Н.С. Качаев и др. - Минск: Ин-т надежности машин НАМ Беларуси, 2000. - 34с.
3. Сулов А.Г. Качество поверхностного слоя деталей машин, - Москва: Машиностроение, 2000. - 320с.
4. Определение фактической площади контакта деталей, соединяемых с натягом / Рыжов Э.В., Курносое Н.Е., Воячек И.И. – Вестник машиностроения. 1984. №3.

Имитационная модель предпроектного расчета параметров технологического оборудования сборочного производства

к.т.н., доц. Ламин И.И., Абрамченко Н.В.
МГТУ «МАМИ»

В условиях современной экономики процедура заказа специализированного сборочного оборудования является ответственным и довольно рискованным мероприятием, от которого может зависеть не только экономическая эффективность проектируемого производства заказчика, но и репутация проектной организации (фирмы-изготовителя).

Как правило, процедуру заказа сборочного оборудования можно условно разделить на несколько этапов:

- Задание на проектирование и поставку сборочного оборудования.
- Техническое предложение станкостроительной фирмы.
- Выбор поставщика и согласование контракта на проектирование и поставку оборудования.
- Реализация проекта.
- Поставка оборудования и его обслуживание.

На первом этапе, разрабатываемом заказчиком, формулируются требования к качеству выпускаемой продукции, типу оборудования, его производительности и некоторым техническим характеристикам. Эти ограниченные сведения, полученные в форме экспертных оценок, и ложатся в основу задания на проектирование, что, в свою очередь, приводит к рис-