

РАСЧЕТ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПРЕССОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ, СОДЕРЖАЩИХ ПЛАСТИЧЕСКИ ДЕФОРМИРУЕМЫЙ ЭЛЕМЕНТ

А. А. Демин, И. А. Титов

Бийский технологический институт,
г. Барнаул, Россия

Несущую способность прессовых соединений обычно оценивают по зависимостям на основе формулы Ламе [1, 2], согласно которой давление на посадочных поверхностях зависит от натяга и толщины стенок охватывающей и охватываемой детали. При этом расчет производят по крайним границам поля допусков на изготовление соединяемых деталей и не учитывают закономерностей рассеивания размеров. Поскольку вероятность появления в производстве валов и отверстий с предельными размерами очень мала, то во многих случаях рассеивание размеров деталей можно выразить кривой нормального распределения Гаусса. Поэтому для расчета несущей способности прессовых соединений применяют также вероятностный подход.

В настоящее время применяются трехэлементные прессовые соединения [3, 4], отличительным признаком которых является наличие промежуточного пластически деформируемого элемента (рисунке 1). Деформируемый элемент обеспечивает большее усилие сцепления и позволяет снизить требования к точности изготовления и качеству поверхностей деталей соединения [5]. При

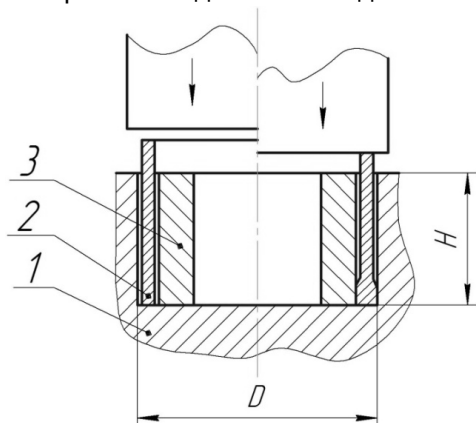


Рисунок 1 – Прессовое соединение, содержащее пластически деформируемую промежуточную втулку

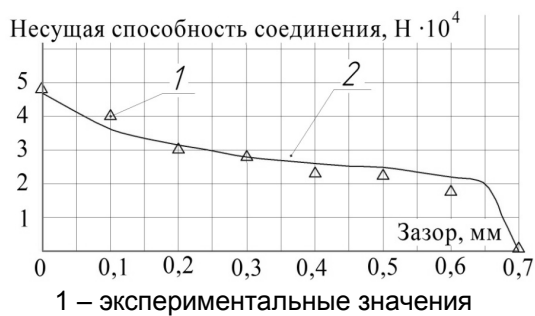
расчете несущей способности таких соединений не применимы существующие методики расчета, базирующиеся на учете только упругих деформаций соединяемых элементов. Целью проведенных исследований было установление инженерной зависимости для расчета несущей способности трехэлементных прессовых соединений на стадии проектирования.

Несущая способность такого прессового соединения, как показали проведенные численные и экспериментальные исследования, зависит от множества факторов, которые не учитывают зависимости на основе формулы Ламе. К числу таких факторов можно отнести работу материала в пластической зоне, неравномерное распределение механических свойств материала по объему пластически деформируемого элемента, относительную высоту соединения, усилие осадки втулки, изменение величины монтажного зазора, обусловленной погрешностью изготовления деталей.

Проведенная серия экспериментов позволила оценить характер влияния каждого существенного фактора и его весовой коэффициент на величину несущей способности соединения.

На рисунке 2 показано влияние монтажного зазора на несущую способность соединения, для случая, когда соединяемые детали изготовлены из стали 45, относительная высота соединения 2,8, усилие сборки (осадки) 200 кН.

При приближении к максимальной величине зазора обусловленной 14-м качеством точности изготовления деталей несущая способность соединения резко снижается. Данное обстоятельство можно объяснить тем, что объем пространства между охватываемой и охватывающей деталями начинает приближаться, а затем и превосходить объем материала промежуточной втулки.



1 – экспериментальные значения
2 – аппроксимирующая зависимость
Рисунок 2 – Зависимость несущая способность соединения от зазора

На рисунке 3 представлена зависимость несущей способности от относительной высоты соединения для вышеуказанного случая при величине монтажного зазора не более 0,021 мм.



1 – экспериментальные значения
2 – аппроксимирующая зависимость
Рисунок 3 – Зависимость несущая способность соединения от относительной высоты

Здесь следует отметить, что увеличение относительной высоты соединения, а, следовательно, и площади контакта сопрягаемых поверхностей в 2 раза приводит к повышению несущей способности соединения не 2 раза, как следовало бы ожидать, а в 1,8 раз. Однако если относительная высота соединения изменяется в пределах от 0,8 до 2,8 то несущую способность соединения можно достаточно точно аппроксимировать прямой вида $y = kx$. Поэтому был введен поправочный коэффициент k , который устанавливает соответствие между относительной высотой соединения и ее несущей способностью, а также служит для установления соответствия между другими частями предлагаемой зависимости.

На рисунке 4 представлена зависимость несущей способности от усилия осадки промежуточной втулки с учетом вышеперечис-

ленных параметров. Из графика видно, что при значениях сборочного усилия не вызывающих пластических деформаций в промежуточной втулки несущая способность соединения равна нулю. С превышением этого предела до некоторого значения несущая способность резко увеличивается, затем от приложенного усилия начинает формироваться фланец и основная нагрузка перераспределяется на фланцевую часть втулки. В результате чего темп увеличения несущей способности соединения резко замедляется.



1 – экспериментальные значения
2 – аппроксимирующая зависимость
Рисунок 4 – Зависимость несущей способности соединения от усилия сборки

На основе анализа результатов экспериментальных исследований была предложена эмпирическая зависимость (1), позволяющая рассчитать несущую способность прессового соединения, содержащего пластически деформируемую втулку:

$$F = f \cdot \frac{H}{D} \cdot E \cdot (L_{IT14} \cdot \delta)^{0,112 \delta^{0,2}} \cdot \sqrt{F_{сб} - S_{пол} \cdot \sigma_{т ср}} \cdot k \quad (1)$$

где f – коэффициент трения;
 H – высота сопрягаемых поверхностей, м;
 D – внешний диаметр охватываемой детали (номинальный), м;
 $F_{сб}$ – усилие сборки, Н;
 $S_{пол}$ – площадь поперечного сечения промежуточной втулки, м²;
 $E_{мин}$ – модуль упругости наименее прочного материала, Па;
 $\sigma_{т ср}$ – предел текучести материала втулки усредненный по ее длине, Па;
 L_{IT14} – граница 14-го качества поля допуска на изготовление охватываемой и охватываемой детали, м;
 δ – монтажный зазор, м;
 $k=4300$ – эмпирический коэффициент корреляции.

РАСЧЕТ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПРЕССОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ, СОДЕРЖАЩИХ ПЛАСТИЧЕСКИ ДЕФОРМИРУЕМЫЙ ЭЛЕМЕНТ

При этом конфигурация промежуточной втулки и характер распределения ее механических свойств должны соответствовать оптимальным параметрам [5, 6]. Относительная тонкостенность охватываемой и охватывающей деталей должны иметь значение менее 0,4 т.е. соответствовать случаю массивных деталей. Согласно этому условию увеличение толщины стенок соединяемых деталей не приводят к существенному изменению максимальных напряжений на сопрягаемых поверхностях [2].

Для проверки адекватности предложенной зависимости была проведена серия экспериментов, в которых несущая способность с помощью варьирования основных параметров. Полученные экспериментальные значения сопоставлены (рисунок 5) со значениями несущей способности, рассчитанными по предложенной зависимости (1). Максимальное отклонение расчетных и экспериментальных данных составило менее 15% в диапазоне оптимальных соотношений геометрических параметров промежуточной втулки.

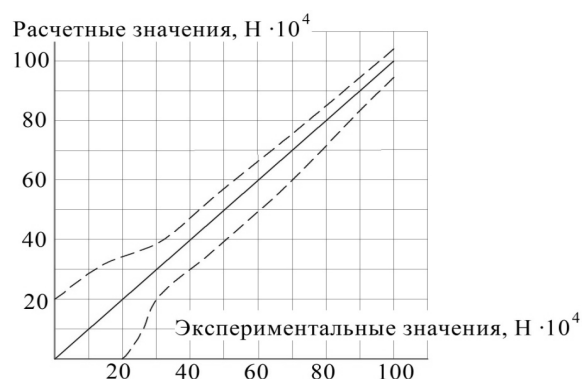


Рисунок 5 – Несущая способность соединения

Список литературы:

1. Гречищев Е.С., Ильященко А.А. Соединения с натягом: Расчеты, проектирование, изготовление. – М.: машиностроение 1981. 247 с.
2. Орлов П.И. Основы конструирования: Справочно-методическое пособие. В 2-х кн. Кн. 2.– М.: Машиностроение, 1988. – 544 с.
3. Авторское свидетельство СССР № 602337, 23.03.1987
4. Авторское свидетельство СССР № 617128, 28.02.1987
5. Демин А. А. Повышение качества соединений с гарантированным натягом с использованием промежуточной втулки // Управление качеством образования, продукции и окружающей среды: материалы 6-й Всероссийской научно-практической конференции – Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2012. С. 93-96
6. Демин А.А., Титов И.А., Бут Н.В. Учет анизотропии механических свойств при конечно-элементном моделировании сборки деталей с натягом // Управление качеством образования, продукции и окружающей среды: материалы 6-й Всероссийской научно-практической конференции – Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2012. С. 136-138.