

УДК 621.815-036.7

**Алексей Петрович Павлов**, канд. техн. наук., доц.,  
МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, 89037628407@mail.ru

**Роман Валерьевич Трефилов**, магистр,  
МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, r.trefilov@yandex.ru

## **ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ ФИКСАЦИИ СОЕДИНЕНИЙ ДЕТАЛЕЙ**

**Аннотация.** В статье рассматривается проблема уменьшения затрат при проведении механической обработки деталей машин за счет снижения требований к точности обработки для обеспечения соединений деталей при сборке с условиями обеспечения их фиксации одна относительно другой. Предложенный метод применяется при различных видах посадок – от посадок с зазором до посадок с натягом; при этом последние в результате применения полимерных материалов становятся разборными соединениями.

**Ключевые слова:** точность обработки, напряженно-деформированное состояние, структурные изменения, фиксации деталей типа «вал-втулка», оптимизация величин зазоров, полимерные материалы.

**Alexey P. Pavlov**, Ph. D., associate professor,  
MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, 89037628407@mail.ru

**Roman V. Trefilov**, master,  
MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, r.trefilov@yandex.ru

## **PECULIARITIES OF APPLICATION OF POLYMERIC MATERIALS IN ENSURING FIXATION CONNECTIONS OF DETAILS**

**Abstract.** The article considers the problem of reducing expenditures of mechanical processing of details of machines by reducing demands for precision processing to allow the

connection of the assemblies, with conditions to ensure they are committed to each other. The proposed method is applied at the different types of plantations, from the landing with a clearance of up landings with tension, with the latter as a result of application of polymeric materials become gasketed joints.

**Keywords:** accuracy of processing, the stress-strain state of structural changes, fixing details of type shaft sleeve», optimization values gap, polymeric materials.

### **Введение**

При соединении деталей с натягом в местах контакта сопрягаемых поверхностей образуются напряжения за счёт сил растяжения и сжатия. Эти напряжения вызывают деформацию контактирующих поверхностей, что влечет за собой структурные изменения материалов сопрягаемых деталей, которые, в свою очередь, приводят к:

- напряженно-деформируемому состоянию деталей;
- износу и разрушению контактирующих поверхностей;
- условиям, когда собранное соединение становится неразборным.

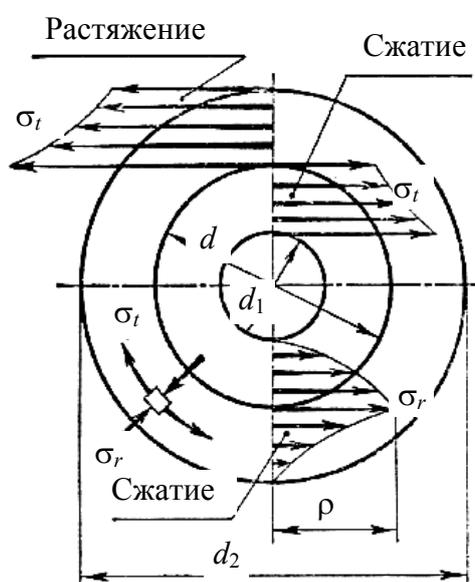
### **Основная часть**

Соединение цилиндрических деталей с натягом, как показано в работе [1], представляет собой сопряжение, в котором передача нагрузки от одной детали к другой осуществляется за счет силы трения, создаваемой давлением на сопрягаемых поверхностях. При таком способе одну деталь (например, вал) с помощью пресса устанавливают в другую (например, подшипник).

Также, по данным в [2], к ряду ответственных изделий машиностроения, включающих в себя соединения с натягом, предъявляются повышенные требования прочности и эксплуатационной надежности. Для решения этой проблемы, как правило, увеличивают сборочные натяги, применяют дополнительные элементы крепления

деталей в соединениях. Однако увеличение сборочных натягов приводит к росту напряженно-деформированного состояния изделий.

Как указано в [3], наиболее распространенные соединения трением включают в себя зажимные муфты и детали, собранные с применением прессовой, горячепрессовой и конусной посадок. Применение этого способа соединения может быть очень экономичным, обеспечивающим хорошую балансировку и не требующим дополнительной осевой фиксации.



*Диаграмма напряжений, возникающих при посадке с натягом*

Как указано в [4], работоспособность посадок с натягом находится в прямой зависимости от выносливости валов и их несущей способности, и стоит отметить факторы, определяющие предел выносливости валов: материал, концентрацию напряжений от втулки, коррозию при трении.

Как указано в работе [5], неподвижные соединения, осуществляемые за счёт натяга стандартных посадок, обладают рядом недостатков: необходимостью в специальном оборудовании, известной точностью при изготовлении деталей соединения и значительным колебанием величины передаваемой нагрузки в зависимости от действительных размеров деталей, колеблющихся в пределах полей допусков на изготовление.

В связи с этим целесообразно найти способ неподвижного соединения деталей, лишенный недостатков, присущих посадкам с натягом.

Контактное давление приводит к возникновению нормальных, радиальных  $\sigma_r$  и окружных  $\sigma_t$  напряжений в деталях (рисунок).

В охватывающей детали наибольшие окружные напряжения растяжения

$$\sigma_t = p(1 + (d/d_2)^2)/(1 - (d/d_2)^2) \quad (1)$$

возникают у внутренней поверхности. В охватываемой детали наибольшие окружные напряжения сжатия

$$\sigma_t = p \cdot 2(d_1/d)^2/(1 - (d_1/d)^2) \quad (2)$$

также находятся у внутренней поверхности. Наибольшие радиальные сжимающие напряжения  $\sigma_r = -p$  находятся на контактирующих поверхностях охватывающей и охватываемой деталей.

Наиболее напряженным местом является внутренняя поверхность охватываемой детали, где по теории наибольших касательных напряжений максимальные эквивалентные напряжения  $\sigma_{\text{экв}}$ .

$$\sigma_{\text{экв}} = \sigma_t - \sigma_r = 2p/(1 - (d/d_0)^2). \quad (3)$$

Для расчета деталей в упругой области обычно предусматривают  $\sigma_{\text{экв}} \leq \sigma_t$ . Из-за дискретности контакта фактические давления на отдельных участках сопрягаемых поверхностей могут быть значительно выше, чем определенные по формуле

$$p = E\delta/d(C_1 + C_2). \quad (4)$$

В соответствии с этим пластические деформации возникают раньше, чем предусматривается расчетом. Однако эти деформации проникают лишь на небольшую глубину детали. Условие  $\sigma_{\text{экв}} \leq \sigma_t$  следует отнести к распространению пластических деформаций на глубину, соизмеримую с величиной натяга. В том случае, если при формировании соединения

возможны заметные пластические деформации, следует учитывать, что несущая способность соединения может снижаться.

В работе [5] отмечено, что существенным недостатком соединений с натягом является уменьшение усталостной прочности вала при циклическом нагружении соединения.

Одной из причин значительного уменьшения усталостной прочности вала является концентрация контактного давления вблизи торцов охватывающей детали в том случае, когда охватываемая деталь выступает за торцевые поверхности охватывающей детали. Кроме того, в том же направлении действует и контактное трение между соединенными с натягом деталями, возникающее при циклическом нагружении соединения.

В соответствии с [6] шероховатость поверхности оказывает существенное влияние на эксплуатационные свойства поверхностного слоя, следовательно, детали в целом.

Итак, напряжения, возникающие при прессовых посадках, могут привести к усталостному разрушению соединяемых деталей, особенно при значительных эксплуатационных нагрузках.

В соответствии с исследованиями напряженно-деформированного состояния (НДС) вал – втулочных соединений из стали 40Х, указанными в работе [7], максимальное значение эквивалентных напряжений (Па) составило  $520 \cdot 10^6$ . Стоит отметить, что оценка надежности соединения проводилась при сравнении величин максимального контактного давления, и наиболее оптимальным был признан вариант с максимальным значением эквивалентных напряжений  $473 \cdot 10^6$  Па.

### **Заключение**

Можно сделать вывод – внутренние напряжения не только приводят к усталостному разрушению сопрягаемых деталей, но и не являются залогом надежности соединения.

Поэтому необходимо применять новые технологические способы соединения деталей без применения прессовых посадок.

Такой вариант возможен лишь при применении полимерных материалов в подобных соединениях, что обеспечит не только отсутствие монтажных напряжений, но и переход таких соединений из группы неразборных в группу демонтируемых.

### **Список литературы**

1. Баурова Н.И. Полимерные материалы для ремонта машин: методические указания. М.: ТехПолиграфЦентр, 2009. 47 с.
2. Оборский И.Л., Зенкин А.С. Разработка технологий формирования соединений с натягом комбинированным термическим способом сборки // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2012. № 2. С. 17–22.
3. URL: <http://xn--80apgkeaafapjox.xn--p1ai/index.php?id=59>
4. Гречищев Е.С., Ильяшенко А.А. Соединения с натягом: расчеты, проектирование, изготовление. М.: Машиностроение, 1981. 247 с.
5. Берникер Е.И. Посадки с натягом в машиностроении: справочное пособие. М.; Л.: Машиностроение, 1966. 166 с.
6. URL: <http://www.studfiles.ru/dir/cat34/subj197/file10912/view102607/page3.html>
7. Данилов Д.В., Андреев А.Г. НДС профильных соединений с натягом под действием контактных нагрузок // Вестник НТУ «ХПИ». 2011. № 52.

### **References**

1. Baurova N.I. *Polimernye materialy dlya remonta mashin: metodicheskie ukazaniya* (Polymer materials for repair of cars), Moscow, TekhPoligrafCentr, 2009, 47 p.

2. Oborskij I.L., Zenkin A.S. *Remont. Vosstanovlenie. Modernizaciya*, 2012, no. 2, pp. 17–22.
3. URL: <http://xn--80apgkeaaefapjox.xn--p1ai/index.php?id=59>
4. Grechishchev E.S., Il'yashenko A.A. *Soedineniya s natyagom: raschety, proektirovanie, izgotovlenie* (Press-fitted joint: calculations, designing, manufacturing), Moscow, Mashinostroenie, 1981, 247 p.
5. Berniker E.I. *Posadki s natyagom v mashinostroenii: spravochnoe posobie* (An interference fit in engineering), Moscow; Leningrad, Mashinostroenie, 1966, 166 p.
6. URL: <http://www.studfiles.ru/dir/cat34/subj197/file10912/view102607/page3.html>
7. Danilov D.V., Andreev A.G. *Vestnik NTU "HPI"*, 2011, no. 52.