

УДК 621.92

**ВЛИЯНИЕ ШЕРЕХОВАТОСТИ И СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ  
НА ПРОЧНОСТЬ СОПРЯЖЕНИЯ С НАТЯГОМ**

©Малицкий И. Ф., Чернятина Е. В.

*Украинская инженерно-педагогическая академия*

В статье рассматривается вопрос прочности на осевой сдвиг сопряжений с гарантированным натягом в зависимости от способа обработки сопрягаемых поверхностей и их шероховатости. Приведены результаты лабораторных исследований по результатам, которых даны рекомендации по выбору метода обработки сборочных поверхностей в зависимости от типа производства и способа сборки.

**Ключевые слова:** шероховатость, натяг, соединение, сопрягаемые поверхности.

*Малицкий И. Ф., Чернятина Е. В.* «Вплив шорсткості та засобу обробки на міцність сполучення з натягом».

В статті розглядається питання міцності на осьовий зсув сполучення з гарантованим натягом в залежності від способу обробки поверхонь які сполучаються, а також від їх шорсткості. Приведені результати лабораторних іспитів по результатам яких приведені рекомендації по вибору метода обробки складальних поверхонь в залежності від типу виробництва і засобу сполучення.

**Ключові слова:** шорсткість, натяг, з'єднання, сполучні поверхні.

*Malickiy I. F, Chernytina E. V.* “Influence of surface roughness and strength processing method pairing with interference”.

The article discusses the strength of the axial shear conjugations with guaranteed interference depending on the method of processing the mating surfaces and their roughness. In this article we could see the results of laboratory tests and their findings, which tribute guidelines for choosing a method of processing the surfaces of assembly, depending on the type of production and assembly method.

**Key words:** roughness, interference, joining, joint surfaces.

**1. Постановка проблемы**

В современном машиностроении широко применяются неподвижные соединения с гарантированным натягом, которые не требуют дополнительных деталей для их скрепления. Для формирования колесных пар железнодорожного подвижного состава в основном применяется запрессовка колеса на ось.

Увеличение скоростей движения и грузоподъемности вагонов приводит к увеличению нагрузок, действующих на колесную пару. При прохождении состава по стыкам, крестовинам, при вписывании в кривые участки пути возникают ударные и центробежные нагрузки, действующие на колеса колесной пары. Что может привести к сдвигу колеса с оси и, естественно, к аварии. Таким образом, существующая технология сборки колесных пар подвижного состава железнодорожного транспорта сдерживает увеличение скоростей движения и его грузоподъемность.

Несущая способность посадки с гарантированным натягом на осевой сдвиг и проворачивание зависит от многих факторов: шероховатости поверхностей сопрягаемых деталей, характера их обработки, погрешности формы поверхностей, промежуточной среды, технологии сборки. Влияние этих факторов на прочность посадок с гарантированным натягом посвящены многие работы и все же не все вопросы изучены в достаточной мере. Это объясняется, что на прочность сопряжения влияет много трудно учитываемых факторов.

Прочность соединения осуществленного путем термовоздействия (нагрева охватывающей детали) значительно выше прочности соединения осуществленного запрессовкой втулки на вал.

Так как сборка ведется с монтажным зазором 0,1 – 0,2 мм, то поверхности сопрягаемых деталей не повреждаются, как при запрессовке. При остывании собранных деталей до температуры окружающей среды происходит взаимное внедрение шероховатостей посадочных поверхностей колеса и оси. Этим можно объяснить увеличение прочности соединений осуществленных сборкой с термовоздействием в 2–2,5 раза и больше по сравнению со сборкой осуществленной запрессовкой колеса на ось.

### 2. Цель исследований

Целью исследований является установление влияния методов обработки и шероховатости сопрягаемых деталей на прочность соединений с гарантированным натягом, осуществленных с термовоздействием. Эти факторы имеют большое практическое значение для разработки технологического процесса обработки сопрягаемых поверхностей и их сборки. Решение этих задач имеет большое значение для осуществления сборки с термовоздействием для формирования колесных пар рельсового транспорта.

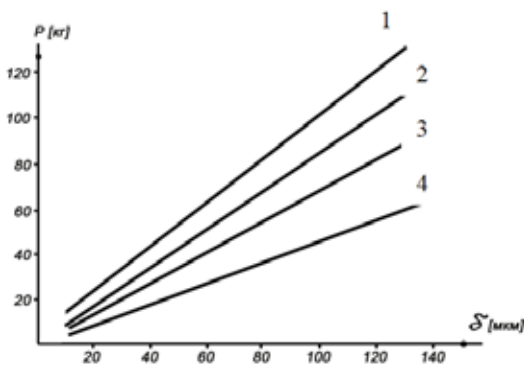
### 3. Изложение основного материала

Исследование влияния прочности соединений на осевой сдвиг при различных методах обработки и шероховатости, обработанных поверхностях проводилось на соединениях с номинальным посадочным диаметром 70 мм.

Исследованию подвергались образцы, охватываемая поверхность которых протачивалась, шлифовалась, а также накатывалась с последующим точением или шлифованием. Охватываемая поверхность подвергалась расточке и протягиванию. Сопряжения проводились путем нагрева охватываемой детали. Для сравнения контрольные образцы собирались запрессовкой, при этом поверхности, охватываемые и охватывающие, обрабатывались точением. Прочность посадок определялась путем приложения усилия распрессовки до срыва, т.е. определялась сила трения покоя. Перед сборкой у сопрягаемых поверхностей измерялась шероховатость на профилографе. После срыва образцы разбирались с помощью нагрева охватывающей детали в индукционной печи, что обеспечивало сохранность сопрягаемых поверхностей. После разборки производилось повторное профилографирование для установления величины среза микронеровностей.

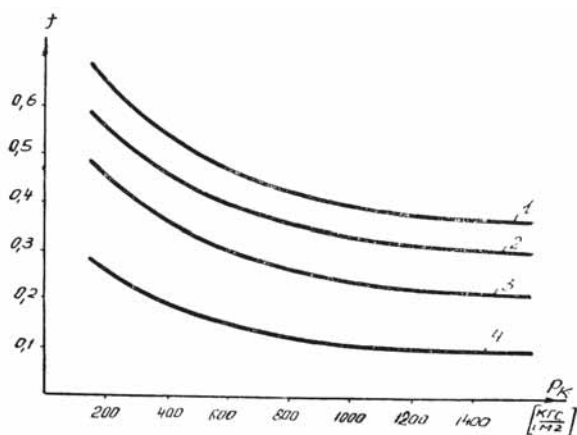
На рис. 1 график прочности на осевой сдвиг посадок с различной обработкой посадочных поверхностей при одинаковой величине шероховатости для всех вариантов. Для охватываемых

поверхностей (валов)  $R_a=3,5-4$  мкм;  $R_z=16-17$  мкм для охватываемых поверхностей (втулок)  $R_a=4-5$  мкм;  $R_z=17-20$  мкм. Как видно из графика, наибольшей прочностью на осевой сдвиг обладают образцы с точеными поверхностями собранные как запрессовкой, так и с нагревом охватывающей детали – втулки. Но с той разницей что сопряжение с нагревом втулки выше пресового соединения. Если принять прочность пресового сопряжения за 100 % то прочность сопряжения полученного нагревом втулки будет составлять 225 %. При сборке втулки со шлифованным валом прочность снижается до 195 %. Накатка посадочной поверхности повышает усталостную прочность но снижает прочность на осевой сдвиг.



**Рис. 1** – График зависимости прочности сопряжения вала со втулкой от натяга:  
 1 – вал проточен, втулка расточена;  
 2 – вал шлифован, втулка расточена; 3 – вал накатан и шлифован, втулка расточена; 1, 2, 3 – пары собраны путем нагрева втулки, 4 – пара собранная запрессовкой

детали–втулки объясняется следующим.



**Рис. 2** – График зависимости коэффициента трения от контактного давления:  
 1 – вал проточен, втулка расточена; 2 – вал шлифован, втулка расточена; 3 – вал накатан и шлифован, втулка расточена; 1, 2, 3 – пары собраны путем нагрева втулки; 4 – пара собранная запрессовкой; вал проточен, втулка расточена

Вариант сборки с протянутой охватываемой поверхностью является наиболее целесообразным с точки зрения экономичности в серийном и массовом производстве, однако при сборке с запрессовкой прочность на осевой сдвиг снижается на 50 % и, следовательно, не обеспечивает сопротивление эксплуатационным нагрузкам и поэтому не применяется для ответственных узлов машин. Для сопряжений с осуществленным нагревом охватывающей детали протягивание отверстий допустимо, т.к. прочность сопряжения достаточная и в 1,5 раза выше наиболее прочного пресового сопряжения

Прочность сопряжений вала со втулкой осуществленных нагревом охватывающей

На рис. 2 изображен график зависимости коэффициента трения (сцепления)  $f$  от контактного давления  $P_k$  при различных методах обработки. При запрессовке наблюдается полусухое трение, так как выступы срезаются и сминаются последовательно один за другим на обеих, охватываемой и охватывающей, поверхностях. После запрессовки контакт поверхностей происходит по отдельным площадкам, по которым произошел срез (рис. 3, б).

По этим же площадкам происходит полусухое трение и, следовательно, коэффициент трения находится в пределах коэффициента определенной области полусухого трения.

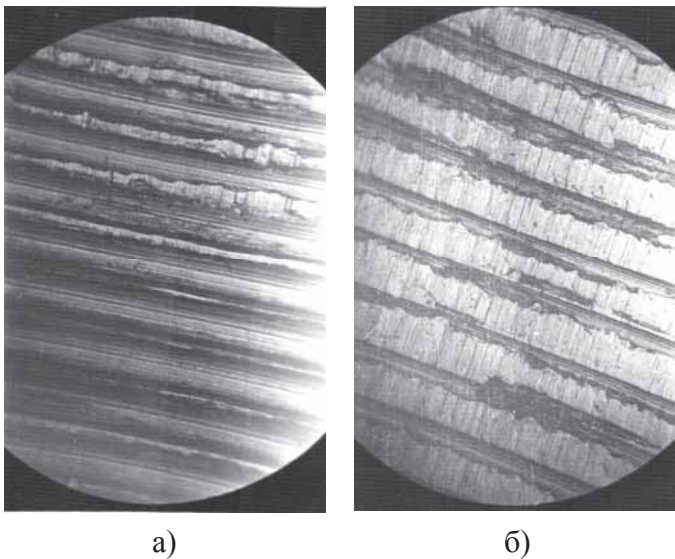


Рис. 3 – Микронеровности поверхности вала:  
а) – до запрессовки; б) – после запрессовки

Сборке с нагревом охватывающей детали – втулки, осуществляется с монтажным зазором и сопрягаемые поверхности не повреждаются. При выравнивании температур сборочной единицы происходит взаимное внедрение неровностей поверхностей обеих деталей. Выступы поверхности вала входят во впадины поверхности втулки и наоборот. При распрессовки собранной пары происходит одновременной срез неровностей вошедших в зацепление, вследствие чего такой способ сборки обладает высокой прочностью на осевой сдвиг.

Коэффициент трения при минимальных натягах составляет  $f = 0,6 - 0,7$ , а при средних натягах  $f = 0,4 - 0,5$ . Сопряжение осуществленное запрессовкой коэффициент трения колеблется в пределах  $0,15 - 0,30$ . с увеличением контактного давления, которое зависит от натяга коэффициент трения уменьшается по гиперболической зависимости, т.к. он определяется отношением силы трения к нормальному давлению.. Увеличение нормального давления дает значительно меньший эффект взаимного внедрения, а следовательно среза и смятия микронеровностей при увеличении контактного давления до  $800 - 1000 \text{ кг/см}^2$  неровности внедряются все менее активно. При контактном давлении свыше  $1500 \text{ кг/см}^2$  сила трения и контактное давление растут практически пропорционально и коэффициент трения практически не меняется, т.к. взаимное внедрение неровностей не увеличивается. Такое же явление происходит и при прессовой сборке, только оно меньше выражено.

Прочность соединения зависит так же от формы и от шага микронеровностей. Влияние шероховатости точеных деталей на осевую прочность показано на (рис. 4).

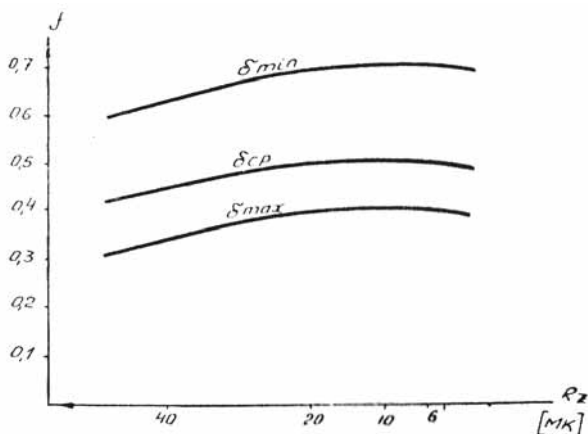


Рис. 4 – График влияния шероховатости точеных деталей на осевую прочность

Установлено, что наибольшей прочностью на осевой сдвиг детали, обработанные с шероховатостью  $R_z = 10 - 6 \text{ мкм}$  это объясняется тем, что высокие шероховатостям с большим шагом внедряются значительно хуже, т.к. меньшая вероятность попадания выступов во впадины. С уменьшением высоты шероховатостей число их растет, и вероятность зацепления увеличивается. Уменьшение высоты шероховатостей число их растет, и вероятность их зацепления увеличивается. При дальнейшем

уменьшении высоты микронеровностей свыше  $R_z=10-6$  мкм обработка ведется абразивным инструментом, при которой образуются нестрого направленные риски с большим их количеством. Вследствие этого вероятность взаимного внедрения уменьшается, отчего и осевая прочность на сдвиг уменьшается, что подтверждается уменьшением коэффициента трения.

**Выводы**

- Наибольшей прочностью на осевой сдвиг обладают точеные поверхности сопрягаемых деталей собранных с термовоздействием с шероховатостью в пределах  $R_z=10-6$  мкм
- Сопряжения, с протянутой охватывающей деталью и шлифованной охватываемой деталью, собранные с нагревом охватывающей детали, превышают прочность прессового соединения с точеными поверхностями в 1,5 раза и могут быть рекомендованы как наиболее экономичные варианты в серийном и массовом производстве

**Список использованных источников:**

1. Андреев Г. Я. Тепловая сборка колесных пар / Г. Я Андреев. – Харьков, изд-во ХГУ, 1965. – 227 с.
2. Ткачук З. Г. Определение контактных давлений в соединении полой оси со ступицей колеса / З. Г. Ткачук, И. Ф. Малицкий, А. А. Алехин // Детали и узлы машин. – К.: Техника, 1975. – С. 54–59.

Стаття надійшла до редакції 3 березня 2014 р.