

УДК 621.757

© Малицкий И.Ф., Юхно О.Н.

ОСОБЕННОСТИ СБОРКИ С ТЕРМОВОЗДЕЙСТВИЕМ ПОЛЫХ ВАЛОВ С ВТУЛКОЙ

Постановка проблемы. В статье рассматривается вопрос обеспечения прочности соединений с гарантированным натягом и с недостаточной жесткостью. Такое сопряжение не позволяет применять большие натяги, которые могли бы обеспечить необходимую прочность. Сборка с термовоздействием и применение промежуточной среды в зоне сопряжения, позволяет получить необходимую прочность при значительно уменьшенных натягах. Кроме этого предложенная промежуточная среда является защитой сопрягаемых поверхностей соединения, работающего со знакопеременной нагрузкой, от фреттинг-коррозии.

Анализ последних достижений. Многие технологические процессы сборки с натягом не позволяют перейти на автоматический цикл сборки.

В большинстве случаев этот способ осуществляется силовым воздействием на сопрягаемые детали. При этом сила, действующая на детали, вызывает их деформацию. Это, в свою очередь, приводит к погрешности сборки.. Сборка соединений с гарантированным натягом для особо ответственных соединений (колесные пары подвижного состава, узлы двигателей внутреннего сгорания и др.) должна обеспечить надежность и качество соединения, безопасность в эксплуатации, экономичную эффективность и соответствовать мировым стандартам. Поэтому сборка является операцией в значительной мере определяющей качество изделия.

В связи с вышесказанным на протяжении многих лет ряд научно-исследовательских институтов, Украинская инженерно-педагогическая академия (УИПА) (бывший Украинский заочный политехнический институт, УЗПИ) и вагоностроительные заводы работают над созданием облегченной колесной пары с пустотелыми осями. Важную роль в создании облегченной колесной пары играет метод соединения оси с колесом, который должен обеспечить надежную и долговечную работу колесной пары в эксплуатации.

Целью данной статьи является выбор наиболее технологичного метода сборки полого вала с втулкой, в частности, колесной пары подвижного состава с применением промежуточной среды в зоне сопряжения.

Уменьшение собственного веса подвижного состава имеет большое значение, как для увеличения грузоподъемности, так и для улучшения динамики вагонов, особенно при увеличении скорости движения. Одним из способов снижения веса подвижного состава – применение полой оси, что позволит уменьшить вес каждой оси с 400 кг. до 280 кг., т.е. на 120 кг.

Для состава в 100 четырехосных вагонов уменьшение веса составит 48000кг., т.е. 48т.

Однако для обеспечения требуемой прочности соединения пары с пустотелой осью, надо увеличивать натяг по сравнению с соединением колеса со сплошной осью, что видно из формулы Лямэ:

$$\frac{\delta}{\delta_0} = \frac{1 + \left(\frac{d}{D}\right)^2}{1 - \left(\frac{d}{D}\right)^2} \cdot \frac{1 + \left(\frac{d_0}{d}\right)^2}{1 - \left(\frac{d_0}{d}\right)^2} + \frac{1 + \left(\frac{d}{D}\right)^2}{1 - \left(\frac{d}{D}\right)^2}$$

где, δ – натяг соединения со сплошной осью

δ_0 - натяг соединения с полой осью

d – диаметр сопряжения

d_0 -диаметр отверстия в оси

D – наружный диаметр охватываемой детали

В связи с наличием значительных размеров отверстий ($d_0=92-110$ мм), жесткость полой оси в подступичной зоне оси значительно ниже жесткости оси сплошного сечения. Для обеспечения требуемой прочности требуются максимально предельные натяги. Так как прочность прессового соединения определяется усилием запрессовки, то для обеспечения требуемого усилия запрессовки в соединениях с полыми осями требуются наибольшие допустимые натяги. Это видно из проведенных экспериментальных исследований (Рис.1). Соединения с полыми осями требуют наибольших допустимых значений натягов.

Вопросам прочности посадок с гарантированным натягом уделено большое внимание, как в нашей стране, так и за рубежом. В Германии, США и других странах ведутся экспериментальные и теоретические исследования сопряжения с гарантированным натягом.

Как следует из диаграммы, интервал натягов для прессового соединения колесных пар используется лишь частично.

Отношение средних значений натягов для полых осей к средним значениям сплошных осей составляет:

$$\frac{\delta_{0cp}}{\delta_{cp}} = \frac{0.238}{0.181} = 1.31$$

Таким образом, для обеспечения требуемых усилий запрессовки для соединений с полыми осями необходимо применять натяги на 30% большие, чем в соединениях со сплошными осями

В процессе эксплуатации под воздействием динамических нагрузок и увеличенных натягах может произойти пластическая деформация в зоне сопряжения колеса с осью и усадка подступичной части оси. Все это может

привести к сползанию колеса с оси, т.е. к аварии. Для обеспечения усилия запрессовки в пределах технических требований (70-105т) для сплошной оси

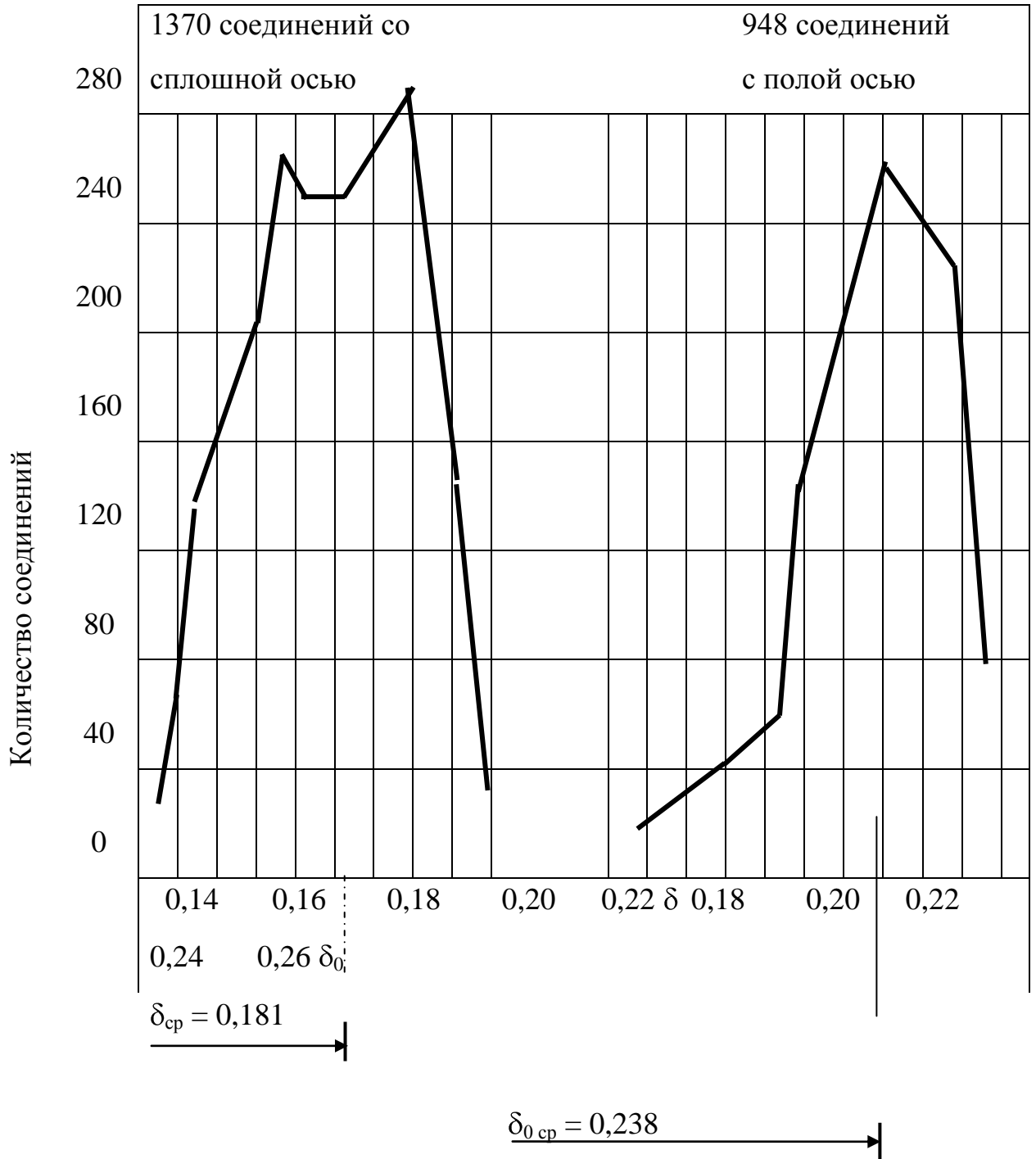


Рис. 1 Диаграмма натягов для сплошных и полых осей.

величина натяга должна быть в пределах 0.16 – 0.22мм, а для пустотелой оси натяги должны быть в пределах 0.20-0.26мм. При натягах меньших 0.20мм усилие запрессовки меньше 70т. При повышении натяга больше 0.20мм практически не повышается прочность, а напряжение возрастает, что приводит к снижению усталостной прочности при знакопеременных нагрузках [2, с.74]

Одним из критериев оценки прочности прессовых соединений является конечное усилие запрессовки. Для определения распределения конечных усилий запрессовки в зависимости от натягов были проведены исследования на 1300 соединениях с полыми осями. Несмотря на узкий диапазон принятых натягов, усилие запрессовок получили широкое распределение от 60 т. до 108 т. (0.588-1.06Мн). (Рис.2)

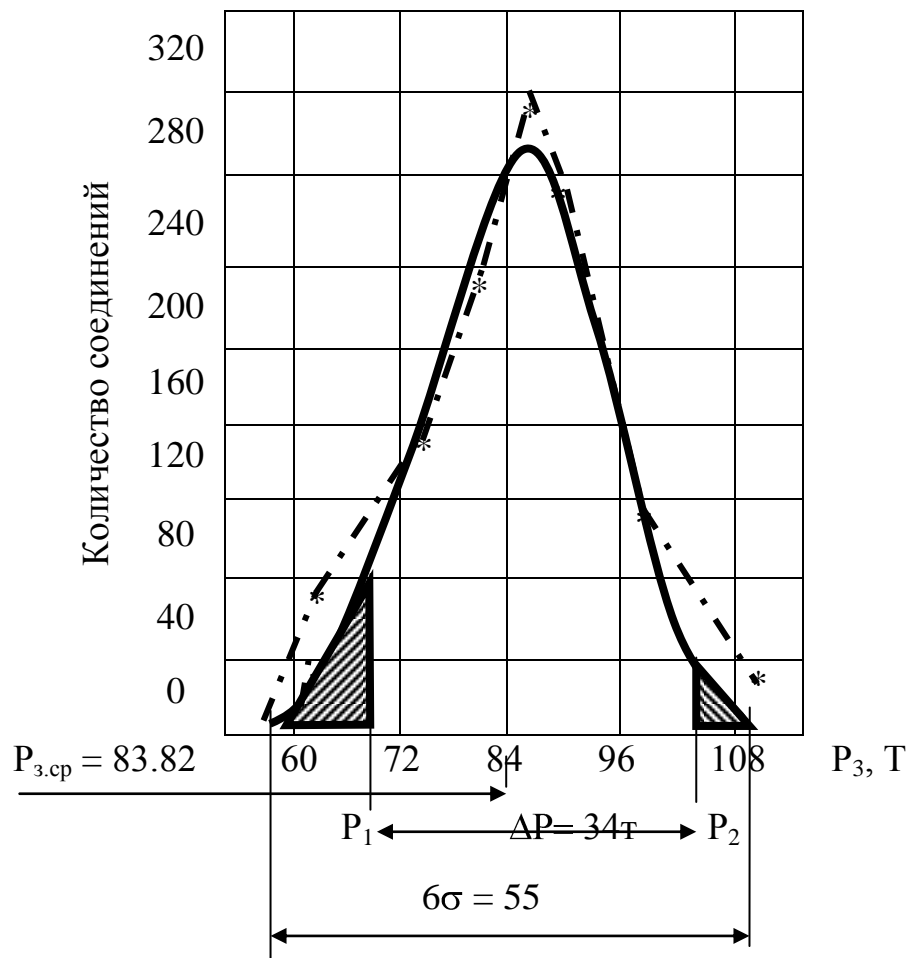


Рис. 2 Кривые экспериментального и теоретического распределения конечных усилий запрессовок полых осей.

Характер эмпирического распределения конечных усилий запрессовок близок к закону нормального распределения (критерий А.Н. Колмагорова $P(\lambda)=0.46>0.05$) Среднеарифметическое всех усилий запрессовки $P_{з.ср}=83.82$ т. (0.823Мн). Поле рассеяния кривой нормального распределения $\Delta P = 6\sigma = 6 \cdot 9.18 = 55$ т (0.538Мн), значительно превышает диапазон допустимых усилий запрессовок.

$$\Delta P = P_2 - P_1 = 34 \text{ Т (0.33Мн)}$$

В связи с этим 321 соединение было выбраковано по причинам превышения усилия запрессовки (больше 104т) и занижения (меньше 70т).

При равных условиях и одинаковых натягах усилия запрессовок в соединениях с полыми осями на 20-25% меньше, чем в соединениях со сплошными осями. Брак по запрессовке составляет 34%.

В УИПА были проведены исследования по применению сборки соединений с гарантированным натягом методом термовоздействия. Результаты исследований показали, что при прочих равных условиях, прочность соединения с термовоздействием в 2.5 раза больше по сравнению со сборкой запрессовкой.

При сборке колесных пар с термовоздействием натяги для обеспечения требуемой прочности значительно уменьшились до пределов 0.13-0.20мм. Однако при сборке с термовоздействием невозможно применять смазку сопрягаемых поверхностей предохраняющей контактные поверхности от фреттинг-коррозии (растительное масло-олифа), как это производится при запрессовке. Вследствие этого было предложено покрывать вал эластомером ГЭН-150/В с последующей полимеризацией теплом нагретого колеса [1, с.63]. Но этот метод имеет ряд существенных недостатков. Он очень трудоёмок, ухудшается экология и санитарное состояние в цехе, но самое главное то, что невозможно проконтролировать качество полимеризации нанесенной пленки. Так как в основе этого эластомера имеется каучук, то при нагреве в процессе эксплуатации пленка недостаточно полимеризованная размягчается, снижая коэффициент трения. Вследствие этого снижается

прочность соединения, что приводит к аварии. Для осуществления полимеризации после посадки нагретого колеса необходимо, чтобы произошло полное остывание колеса. Это требует времени и вызывает простой до осуществления сборки узла.

Формирование целей. Выбор технологического метода сборки полого вала с втулкой, обеспечивающий гарантированный натяг и прочность соединения.

Изложение основного материала Были проведены исследования по повышению прочности сопряжений с недостаточной жесткостью при сравнительно малых натягах. Это достигалось за счет повышения коэффициента трения путем применения промежуточной среды вводимой в зону сопряжения. В качестве промежуточной среды исследовались жидкое стекло и пассивирование сопрягаемых поверхностей водным раствором нитрита натрия NaNO_2 - натриевая соль азотной кислоты. Как показали экспериментальные и промышленные испытания на натуральных образцах, введение в зону сопряжения промежуточной среды обеспечило прочность сопряжения на сдвиг и скручивание без дополнительного крепления заклепками, как это было при прессовой сборке по старой технологии сборки корпуса дифференциала с зубчатым тонкостенным венцом

Применение в качестве промежуточной среды жидкого стекла повышает прочность в три раза при значительно уменьшенных натягах. Однако при применении жидкого стекла сильно загрязняется рабочее место, как в зоне нанесения, так и в зоне сборки, возникает трудность в механизации и автоматизации процесса сборки. Все эти недостатки исключаются при применении пассивирования поверхностей сопряжения. Кроме того, процесс пассивирования производится в процессе изготовления сопрягаемых деталей путем окунания в ванну с раствором, находящуюся рядом со станком, на котором выполняется последняя операция. В

результате этого на деталях образуется пленка, которая предотвращает коррозию детали, увеличивает коэффициент трения и площадь сопряжения. Кроме того, эта пленка способствует микро свариванию выступов микро неровностей сопрягаемых поверхностей. Оптимальное образование пленки на поверхности детали достигается при использовании 3 – 5% раствора нитрита натрия с добавлением 0.5% кальцинированной соды. Результаты проведенных испытаний показали, что прочность соединений, при использовании этого покрытия увеличивается в 2 – 2.5 раза.

Таким образом, при пассивировании посадочных поверхностей оси и колеса колесной пары, может быть решен вопрос сборки колесных пар методом термовоздействия при значительном уменьшении натяга, но обеспечивающий заданную прочность. Это достигается за счет увеличения коэффициента трения, который непосредственно входит в формулу прочности, как на сдвиг(1), так и на скручивание (2).

$$P_{сд.}=\pi dLp_{к}f \quad (1), \quad M_{сд.}=1/2\pi dLp_{к}f \quad (2)$$

Такой технологический процесс упростит сборку колесной пары, улучшит санитарное состояние на участке сборки, уменьшит себестоимость операции. При этом освобождается рабочий, ликвидируется участок нанесения полимерной пленки вместе с оборудованием и материалами.

Выводы В результате теоретических и экспериментальных исследований решен вопрос внедрения сборки колесных пар с пустотелой осью методом термовоздействия с применением пассивирования сопрягаемых поверхностей.

Перспективы дальнейшего развития в данном направлении Сборочные процессы имеют в настоящее время значительный удельный вес и являются завершающими в технологической цепи и в значительной мере определяющими качество изделий. Перспектива дальнейшего развития данной работы заключается в том, что внедрение результатов, изложенных в

данной работе, в технологию сборки соединений с гарантированным натягом повысит качество и надежность изделия. Качество является решающим фактором при продвижении товара на потребительский рынок.

Список использованных источников

1. Прочность тепловых соединений с антикоррозийной пленкой полимера ГЭН – 150/В / Г. Я. Андреев, И. Ф. Малицкий, Б. С. Остренко [и др.] // Технология и автоматизация машиностроения : респ. межвед. науч.-техн. сб. – К., 1974. – Вып. 14. – С. 3–7.
2. Опыт формирования вагонных колесных пар с пустотелыми осями и облегченными колесами / Г. Я. Андреев, А. М. Хорхордин, И. Ф. Малицкий [и др.] // Технология и организация пр-ва : науч.-произв. сб. / Укр. науч. исслед. ин-т техн. информ. – К., 1967. – № 4. – С. 73–75.
3. Малицкий И. Ф. Влияние различных антикоррозионных покрытий на прочность соединений с натягом / И. Ф. Малицкий, Б. С. Остренко, Т. В. Макушенко // Вестн. машиностроения. – 1989. – №7. – С. 60–61.
4. Ткачук З. Г. Определение контактных давлений в соединении поллой оси со ступицей колеса / З. Г. Ткачук, И. Ф. Малицкий, А. А. Алехин, Б. С. Остренко // Детали и узлы машин. – К., 1976. – С. 54–59.

Малицкий І. Ф., Юхно О.М. Особливості з'єднань з термовпливом порожнистих валів з втулкою

В статті розглядається питання забезпечення міцності з'єднань з гарантованим натягом і з незначною жорсткістю. Таке з'єднання не дозволяє використовувати великі натяги, які можуть забезпечити необхідну міцність. Складання з термовпливом і застосуванням проміжного середовища в зоні з'єднання, дозволяє отримати необхідну міцність при значно зменшених натягах. Крім того запропоноване проміжне середовище

захищає з'єднані поверхні, які працюють з знакоперемінним навантаженням, від фретінг – корозії.

Малицкий И. Ф., Юхно О. Н. Особенности сборки с термовоздействием полых валов с втулкой

В статье рассматривается вопрос обеспечения прочности соединений с гарантированным натягом и с недостаточной жесткостью. Такое сопряжение не позволяет применять большие натяги, которые могли бы обеспечить необходимую прочность. Сборка с термовоздействием и применение промежуточной среды в зоне сопряжения, позволяет получить необходимую прочность при значительно уменьшенных натягах. Кроме этого предложенная промежуточная среда служит для защиты сопрягаемых поверхностей соединения, работающего со знакопеременной нагрузкой, от фретинг-коррозии.

Malitskiy I.F., Jukhno O.N. Peculiarities of Assembly under Thermal Influence of Hollow Shaft with Bushing.

The article deals with the issue of providing the strength of guaranteed tension joints with deficit rigidity. Such conjugation does not allow to apply great tensions that could provide the necessary strength. An assembly under thermal influence and use off intervening medium in the conjugation area allow to receive the necessary strength at considerably reduced tensions. Besides, the suggested intervening medium serves to protect the conjugated joint surfaces from corrosion.