

УДК 629.4.027.5

**МЕЖРЕБОРДНЫЙ РАЗМЕР
ПРИ ФОРМИРОВАНИИ КОЛЁСНОЙ ПАРЫ ТЕРМОВОЗДЕЙСТВИЕМ**

©Малицкий И. Ф., Смирнов И. П.

Українська інженерно-педагогічна академія

Інформація про авторів:

Малицкий Игорь Федорович: ORCID: 0000-0003-0026-2791; malickiy1925@gmail.com; кандидат технічних наук; доцент кафедри металоріжучого обладнання і транспортних систем; Українська інженерно-педагогічна академія; вул. Університетська, 16, м. Харків, 61003, Україна.

Смирнов Игорь Петрович: ORCID: 0000-0002-5982-8123; smirnov_ip@gmail.com; кандидат технічних наук; доцент кафедри інтегрованих технологій в машинобудуванні та зварювального виробництва; Українська інженерно-педагогічна академія; вул. Університетська, 16, м. Харків, 61003, Україна.

Малицкий И.Ф., Смирнов И.П. «Межребордный размер при формировании колёсной пары термовоздействием».

При формировании колёсных пар прессовым методом до 25...30 % напрессовок имеет несоответствие конечных усилий нормам и (или) недопустимое отклонение формы диаграммы запрессовки. Образующиеся при этом механические повреждения сопрягаемых поверхностей снижают усталостную прочность и надёжность колёсной пары.

С целью исключения перечисленных недостатков были проведены исследования по применению теплового индукционного метода сборки, при котором нагретую ступицу колеса свободно надевают на ось. После остывания колесо прочно соединяется с осью.

При нагреве ступичной части из-за конической формы диска колеса возникают температурные напряжения, которые приводят к упругим температурным деформациям нагретого колеса в осевом направлении. При формировании колёсных пар для выполнения требований чертежа, технических условий и предотвращения брака эти деформации необходимо учитывать.

В статье экспериментально определена величина упругих тепловых осевых деформаций колеса в зависимости от температуры нагрева, дан расчет поправки на межребордное расстояние и рекомендации для предупреждения брака при сборке колёсной пары индукционно-тепловым методом.

Ключевые слова: колесо; колёсная пара; формирование колёсных пар; посадка с натягом; индукционно-тепловая сборка; сборочный зазор; упругая температурная деформация.

Малицкий И. Ф., Смирнов И. П. «Міжребордний розмір при формуванні колісної пари термодією».

При формуванні колісних пар пресовим методом до 25...30 % напрусувань має невідповідність кінцевих зусиль нормам і (або) неприпустими відхилення форми діаграм напрусувань. Механічні пошкодження з'єднаних поверхонь, які при цьому утворюються, знижують стійкість і надійність колісної пари.

З метою виключення перерахованих недоліків були проведені дослідження щодо застосування теплового індукційного методу збірки, при якому нагріту маточину колеса легко надягають на вісь. Після охолодження колесо міцно з'єднується з віссю.

При нагріві маточини через конічну форму диска колеса виникають температурні напруги, які приводять до пружних температурних деформацій нагрітого колеса в осьовому напрямку. При формуванні колісних пар для виконання вимог креслення, технічних умов та запобігання браку ці деформації необхідно враховувати.

У статті експериментально визначена величина пружних теплових осьових деформацій колеса залежно від температури нагріву, даний розрахунок поправки на міжребордну відстань та дані рекомендації для попередження браку при складанні колісної пари індукційно-тепловим методом.

Ключові слова: колесо; колісна пара; формування колісних пар; посадка з натягом; індукційно-теплове складання; складальний зазор; пружна температурна деформація.

Malickiy I., Smirnov I. “Between the flange size when the wheel pair is formed by the thermal action”.

When forming wheel pairs by the press method, up to 25 ... 30% of the pressing is inconsistent with the end forces and (or) an unacceptable deviation of the shape of the embedding diagram. The resulting mechanical damages of the mating surfaces reduce the fatigue strength and reliability of the wheel pair.

In order to eliminate the above-mentioned drawbacks, studies have been carried out on the application of the thermal induction method of assembly, in which the heated hub of the wheel is freely fitted onto the axle. After cooling, the wheel is firmly connected to the axis.

When the hub part is heated due to the conical shape of the wheel disc, thermal stresses arise which lead to elastic temperature deformations of the heated wheel in the axial direction. When forming wheel sets to meet the requirements of the drawing, technical conditions and prevention of rejection, these deformations must be taken into account.

The value of the elastic thermal axial deformations of the wheel as a function of the heating temperature is determined experimentally, the correction for the inter-board distance and the recommendations for preventing the rejection during assembly of the wheel pair by the induction-thermal method.

Key words: wheel; wheel pair; wheel pair formation; landing with oversize, interference fit, induction-thermal assembly, assembly gap, elastic temperature deformation.

1. Постановка проблемы

В вагоностроительной промышленности самым ответственным узлом вагона является колёсная пара тележки вагона.

Безопасность движения поездов во многом зависит от надёжного соединения колеса с осью. Это соединение выполнено по посадке с натягом, который образуется за счет большего наружного диаметра подступичной части оси по сравнению с внутренним диаметром ступицы колеса. Сборку колёсных пар чаще всего производят прессовым методом на специальном гидравлическом прессе, оборудованном регистрирующим устройством для записи диаграммы запрессовки. Однако, при данном способе формирования колёсных пар до 25...30% напрессовок имеет несоответствие конечных усилий нормам и (или) недопустимое отклонение формы диаграммы запрессовки. Также в процессе формирования колёсной пары возникают механические повреждения сопрягаемых поверхностей, снижающие усталостную прочность и надёжность колёсной пары, что, в конечном итоге, приводит к сдвигу колёс с оси в процессе эксплуатации.

Непрерывное увеличение грузоподъемности вагонов и скорости движения поездов приводит к увеличению нагрузок, действующих на необрессоренную часть вагонов, то есть на колёсную пару.

При прохождении вагонов стыков, крестовин, при вписывании в кривые участки железнодорожного полотна, возникают ударные и центробежные нагрузки, действующие на колёсную пару. Вследствие этого можно ожидать увеличение числа сдвигов колёс и трещинообразований в осях, что увеличивает аварийность движения поездов.

2. Анализ последних исследований

Безаварийность движения колёсной пары зависит не только от усталостной прочности оси, но и прочности сопряжения колеса с осью.

С целью исключения перечисленных недостатков были проведены исследования по применению теплового метода сборки, при котором нагретую ступицу колеса свободно надевают на ось. После остывания колесо прочно соединяется с осью. Преимущества теплового метода сборки по сравнению с прессовым следующие:

- повышаются усилия сдвига при аварийной распрессовке колёс, что повышает надёжность соединения;
- исключаются механические повреждения сопрягаемых поверхностей, что увеличивает усталостную прочность колёсной пары.

На основании многих экспериментальных работ и практических испытаний, было установлено, что прочность сопряжения с гарантированным натягом, осуществляемая путем нагрева подступичной части колеса до температуры $t^0 = 250-270^\circ\text{C}$, для получения сборочного зазора с последующей сборкой без запрессовки, в 2-2,5 раза выше прессовой сборки.

Так как сборка с термовоздействием ведется с монтажным сборочным зазором 0,1-0,2 мм, посадочные поверхности не повреждаются, как при прессовом методе сборки, и при выравнивании температур происходит взаимное внедрение микронеровностей (шероховатости), тем самым увеличивается площадь контакта.

Этим и объясняется повышение прочности на сдвиг, что видно из формулы силы трения F (Н)

$$F = \pi d L P_k f,$$

где d – номинальный диаметр сопряжения, м;

L – длина сопряжения, м;

P_k – контактное давление, Па;

f – коэффициент трения.

Колёса насаживаются на ось с предварительно нагретыми в индукционно-нагревательной установке [1] ступицами (рис. 1), что приводит к деформациям в осевом направлении вследствие перепада температур по сечению колеса. Из-за конической формы диска колеса возникают температурные напряжения, вследствие которых возникают температурные деформации колеса в горячем состоянии.

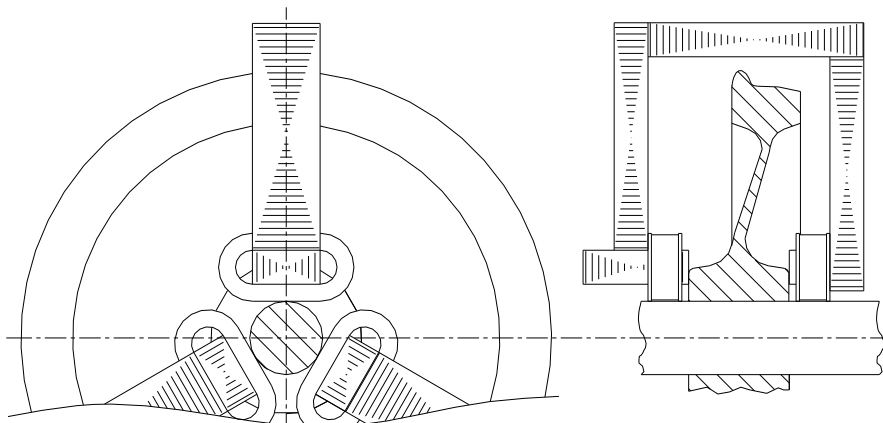


Рис. 1 – Нагрев ступицы колеса в индукционно-нагревательной установке

3. Цель статьи – определить величину температурных осевых деформаций колеса колесной пары для предупреждения брака при сборке индукционно-тепловым методом.

4. Основной материал

После охлаждения колеса температурные деформации снимаются, и геометрия колеса восстанавливается. Конструкции индукционных нагревательных установок позволяет свести температурные деформации к минимуму. Однако эти деформации имеют место и при формировании колёсных пар их надо учитывать.

Расчётами и экспериментальными исследованиями было установлено, что деформация колеса от нагрева происходит в осевом направлении – при нагреве-остывании происходит относительное смещение торцов Δ обода и ступицы (рис. 2).

Сформированная колёсная пара должна соответствовать утвержденным чертежам, техническим условиям и государственным стандартам. По действующим нормам и стандартам при сборке необходимо выдержать размеры в указанных пределах. Таких размеров три (рисунок 3):

- между внутренними гранями ободьев колёс (1440_{-3}^{+1} мм);
- два размера «В» с обеих сторон колёсной пары (расстояние от торца оси до внутренней грани обода колеса – «выходы»). Разноразмерность выходов «В» не должна превышать 1,5 мм.

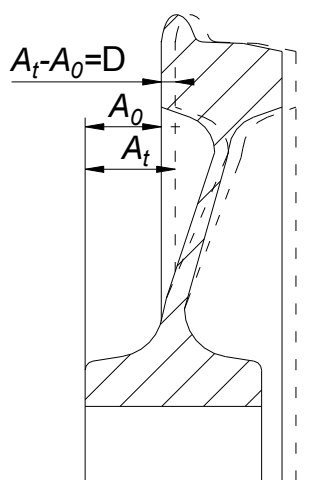


Рис. 2 –
Температурные деформации колеса Δ

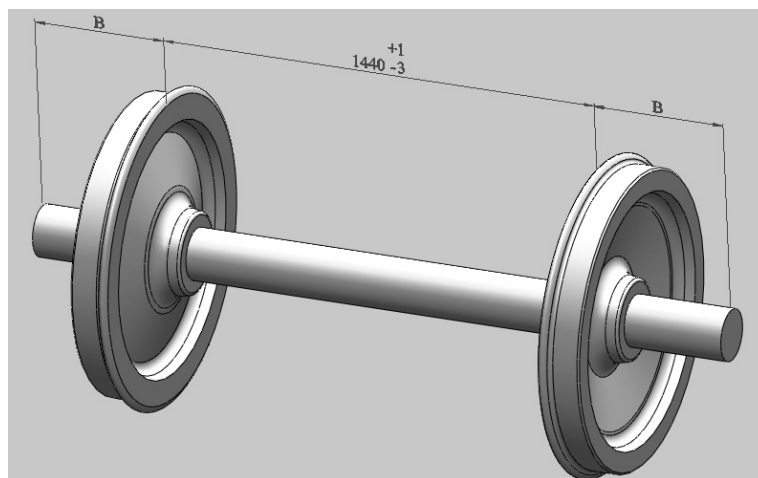


Рис. 3 – Колёсная пара

На спроектированном и изготовленном в Украинской инженерно-педагогической академии двухстороннем стенде было проверено влияние температуры на деформацию колёсной пары и на возврат геометрических размеров в осевом направлении. Это именно те размеры, которые контролируются при сдаче контролеру-приёмщику.

Для того чтобы исключить деформации, которые возникают от напряжений, возникающих вследствие посадки колеса с гарантированным натягом, измерялись деформации колеса от нагрева до сборки колеса с осью. При нагреве трех колёс до температуры $t^0 = 300^{\circ}\text{C}$ было установлено, что обод смещается по отношению к ступице на 2,6 - 2,9 мм. На графике (рис. 4) изображена тепловая деформация колеса за время остывания при различных натягах. При полном охлаждении, остаточные деформации полностью отсутствовали.

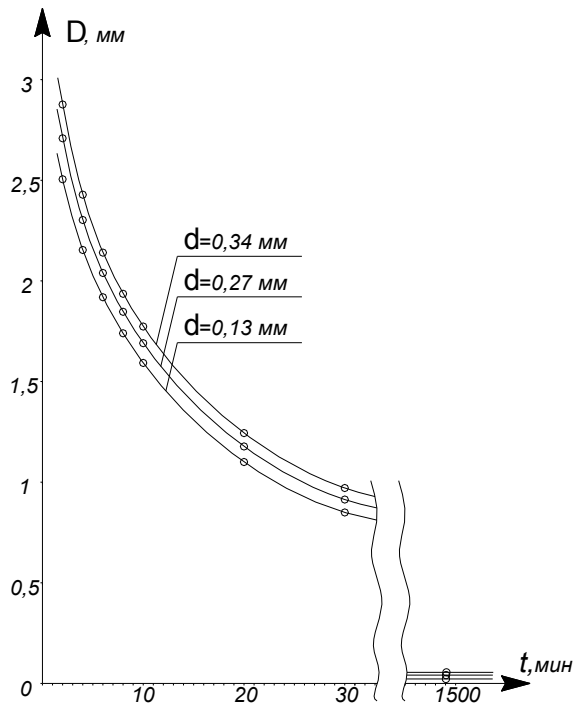


Рис. 4 – Залежність теплової деформації Δ від часу остивання колісної пари при різних максимальних натягах

Внутренних граней обода. Ось центрировалась на стенде. Нежесткая конструкция упоров дает им возможность перемещаться после «схватывания» колеса с осью при обратной деформации обода колеса в исходное положение внутрь колёсной пары.

Перед формированием колёсной пары, упоры устанавливаются на равном расстоянии от центра стенда для обеспечения равенства выходов «В». Расстояние L между упорами, на которые базируются внутренние грани обода колёс, заранее устанавливались с учетом обратной деформации колёс при остывании

$$L = l + 2(\Delta_m + \Delta_n - \Delta_{cn}) = 1443,38 \text{ мм},$$

где $l = (1441 + 1437) / 2 = 1439$ мм – средний межребордный размер по чертежу;

$\Delta_m = 2,75$ мм – тепловая деформация;

$\Delta_n = 0,04$ мм – упругая деформация;

$\Delta_{cn} = 0,6$ мм – величина сползания ступицы колеса до «схватывания» с осью.

Выводы

С целью предупреждения брака при формировании колесных пар вагонов индукционно-тепловым методом определена величина температурных осевых деформаций колеса для настройки сборочного стенда.

Список использованных источников:

1. Смирнов И. П. Развитие технологии ремонта подъемно-транспортного оборудования / И. П. Смирнов // *Машинобудування* : зб. наук. пр. ; УПА. – Харків, 2009. – № 4. – С. 170-177.

References

1. Smirnov, I 2009, 'Development of technology of repair of lifting-transporting equipment', *Mashinobuduvannia*, iss. 4, pp. 170-177.

Стаття надійшла до редакції 13 листопада 2017 р.