

ПРИМЕНЕНИЕ ВИБРАЦИОННОГО НАКАТЫВАНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ОСИ КОЛЕСНОЙ ПАРЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Дроботухин В.К.

Санкт-Петербургский горный университет

Ключевые слова: машиностроение, технологическое повышение качества, колесная пара, вибрационная обработка.

Аннотация. В статье проанализирован метод технологического повышения качества поверхностного слоя оси колесной пары железнодорожного транспорта горнодобывающей промышленности за счет вибрационной обработки. Рассмотрены диаграммы запрессовки после повышения качества поверхностного слоя.

THE APPLICATION OF VIBRATION ROLLING TO INCREASE THE OPERATING PROPERTIES OF A WHEEL PAIR AXLE IN RAILWAY TRANSPORT IN THE MINING INDUSTRY

Drobotukhin V.K.

Saint-Petersburg Mining University

Keywords: mechanical engineering, quality improvement, wheelset, vibration processing.

Abstract. The article analyzes the method of technological improvement of the quality of the surface layer of the axle of the wheelset of the railway transport in the mining industry due to vibration processing. The diagrams of pressing after the quality improvement of the surface layer are considered.

Применение железнодорожного транспорта в качестве доставки и перевозке сырья (нефтепродуктов, горной породы, полезных ископаемых и др.) ведет к детальному изучению и совершенствованию железнодорожного транспорта с целью бесперебойной доставки сырья, сокращению простоя, своевременную отправку грузов и их доставку.

Особую роль в железнодорожном транспорте при обеспечении бесперебойной доставки сырья и людских ресурсов отводят колесной паре, которая является наиболее ответственным узлом в подвижном составе. В колесной паре наше внимание привлекает ось колесной пары, представляющей собой цельную деталь круглого поперечного сечения, воспринимающая на себя через буксовые подшипники вес вагона или локомотива и передающая его через колеса рельсам.

Выполнение данной задачи должно обеспечиваться качеством запрессовки колес на ось колесной пары. При этом качество запрессовки и эксплуатационные характеристики колесной пары зависят от следующего:

- технологических параметров оси;
- качества поверхностного слоя оси
- технологического процесса соединения с натягом (оси и колеса).

Возросшие требования к качеству поверхностного слоя оси колесной пары предопределили переход от наиболее распространенного в настоящее время формообразования поверхности колесной пары – точение на токарном станке на более совершенную технологию финишной обработки поверхности – вибрационной обработки. Так появляется вопрос в сравнении качества поверхностного слоя до и после вибрационной обработки [1].

Качество поверхностного слоя существенно влияет на качество неподвижных соединений (таких как колесная пара). С увеличением радиуса закругления выступов и однородности неровностей вибронакатанных поверхностей по сравнению с обточенными и шлифованными при одинаковых натягах прочность (сопротивление распрессовке) значительно повышается; снижение натяга при повторных запрессовках также намного меньше [5].

Кроме того, при соединении деталей по поверхностям с регулярным микрорельефом с неровностями «обтекаемой» формы появляется возможность осуществления значительно больших, чем обычно, натягов, так как резко снижается режущая способность заостренных выступов.

Согласно проведенным исследованием [3], промышленные методы обработки поверхностей неподвижных соединений (тонкое точение, шлифование, обкатывание) не позволяет создать микрорельеф, даже близкий к оптимальному, и лишь вибронакатыванием соединяемых деталей удастся существенно повысить прочность неподвижных соединений (табл. 1).

Табл. 1. Прочность неподвижных соединений при различных способах обработки

Способ обработки посадочных поверхностей	Усилие распрессовки, P_6 , Н	Сравнительная прочность в момент сдвига, %	Сравнительная прочность при установившемся смещении
Вибронакатывание	81000	240	590
Шлифование	61200	182	164
Гладкое обкатывание	33600	100	100

Столь существенный эффект, как показали исследования, объясняется тем, что наибольшей прочностью при прочих равных условиях обладают соединения с одинаковой высотой и формой неровностей и с одинаковым (или кратным) их шагом. Благоприятной в этом отношении особенностью вибронакатанных поверхностей является равноосность образуемых

неровностей одинаковой высоты как в продольном, так и в поперечном направлениях, что при их регулярности обуславливает меньшую анизотропию коэффициента трения при продольных и круговых смещениях деталей неподвижных соединений.

Так, известно, что отношение коэффициента трения при продольном f_{np} и круговом смещении $f_{кр}$, в большинстве случаев изменяется в пределах

$$f_{np} / f_{кр} = 1 \div 3.$$

Ось колесной пары вращается, испытывая знакопеременные нагрузки, напряжения и деформации. Поэтому поломки осей имеют усталостный характер. Анализ характера разрушения осей показал, что в большинстве случаев разрушение начинается в поверхностном слое. Следовательно, сопротивление разрушению зависит от качества поверхностного слоя, которое можно целенаправленно изменять в зависимости от способа обработки поверхности. Важными характеристиками поверхностного слоя, влияющими как на усталость материала, так и на сопротивление износу, является наклеп и остаточные напряжения, которые зависят от технологии обработки поверхности. Как правило, наклеп и остаточные напряжения сжатия при испытаниях в условиях комнатных температур повышают предел выносливости.

Эффективными технологическими методами повышения качества поверхностного слоя являются методы поверхностного пластического деформирования, к которым относятся дробеструйная, пневмодинамическая и вибрационная ударная обработка. Обработка изделий при использовании этих методов осуществляется на станках без жесткой кинематической связи инструмента и обрабатываемого материала, в ходе которой осуществляется динамическое воздействие инструмента или элементов рабочей среды на обрабатываемую поверхность [2].

Применение вибрационной обработки в качестве формирования поверхностного слоя оси колесной пары является одним из самых перспективных способов повышения технологического качества соединения за счет формирования однородного регулярного микрорельефа по всей поверхности как предподступичной части, так и шейки оси колесной пары.

Вибрационное накатывание – это процесс обработки плоских, сферических, криволинейных и цилиндрических поверхностей деталей поверхностно-пластическим деформированием с добавлением осциллирующего движения и использования в качестве деформирующего элемента шарик или алмазный индентор [1].

Движение деформирующего элемента делает более сложным кинематику процесса обработки и способствует, вместе с обыкновенным пластическим деформированием и сглаживанием первоначальной шероховатости (см. рис. 1, а), созданию на поверхности детали системы канавок (см. рис. 1, б), нового регулярного микрорельефа (см. рис. 1, в) или регулярной волнистости (см. рис. 1, г) [2].

Данный метод осуществляется по схеме, изображенной на рисунке 1, где представлены параметры вибрационного накатывания для обработки наружной цилиндрической поверхности. Движение заготовки должно быть поступательным в направлении подачи. Преобразование значений параметров обработки вибрационным накатыванием и параметров регулярного микрорельефа происходит с изменением скорости движения заготовки и подачи инструмента. Универсальность способа, высокая производительность, и простота его осуществления делают метод вибрационного накатывания наиболее эффективным из всех применяемых для образования регулярного микрорельефа методов. Это также подтверждает промышленная практика.

На рисунке 2 представлена схема вибрационного накатывания наружных поверхностей тел вращения (оси колесной пары) и параметры режима обработки:

d_3 – диаметр обрабатываемой заготовки, мм;

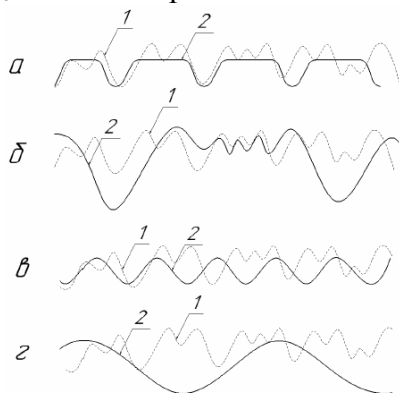
s – подача шара, алмазного наконечника (деформирующего элемента) за оборот заготовки, мм;

P – усилие вдавливания элемента, Н;

$n_{\text{ос.х}}$ – число осцилляций в минуту;

$d_{\text{ш}}$ – диаметр шара, наконечника, мм;

n_3 – частота вращения заготовки в минуту.



1 – микропрофиль поверхности до обработки;
2 – сформированный рельеф поверхности после
вибрационного накатывания при различных
режимах

Рис. 1. Возможности вибрационного накатывания по изменению исходного макропрофиля поверхности

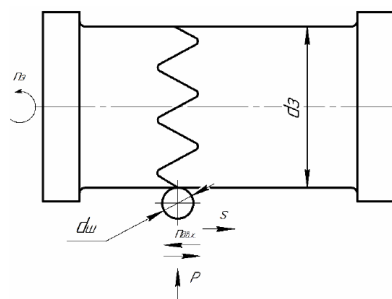


Рис. 2. Схема и параметры вибрационного накатывания

Качество поверхности оси колесной пары определяется большим числом различных параметров, которые могут быть подразделены на две группы: геометрические и физические параметры [1]. К геометрическим параметрам относится: точность формы, волнистость, шероховатость поверхности и направление обработочных штрихов; к основным физическим-микроструктура, микротвердость, поверхностные напряжения. Таким

образом, эффективным технологическим методом повышения качества поверхностного слоя деталей является вибрационная обработка, обеспечивающая поверхностное пластическое деформирование, приводящее к изменению параметров качества поверхностного слоя: уменьшению шероховатости, изменению микроструктуры, повышению микротвердости, созданию оптимальных остаточных напряжений.

Для определения эффективности вибрационной обработки были проведены исследования по качеству формирования колесной пары. В ходе проведенных испытаний было выяснено, что применение вибрационной обработки существенно оказывает влияние на качество формирования колесной пары. На рисунке 3 представлены диаграммы запрессовки. На рисунке 3,а колесо запрессовывалось на ось колесной пары, подступичная часть которой не была подвергнута методу вибрационной обработки. По форме нормальная диаграмма запрессовки должна иметь плавную, нарастающую, несколько выпуклую вверх линию с конечным усилием запрессовки 900-1150кН, согласно инструкции РЖД [4]. На диаграмме наглядно видно, что конечное усилие запрессовки находится в районе 950 кН. Данное формирование признается негодным.

На рисунке 3,б представлена диаграмма запрессовки колеса на ось колесной пары, подступичная часть которой была подвергнута методу вибрационной обработки.

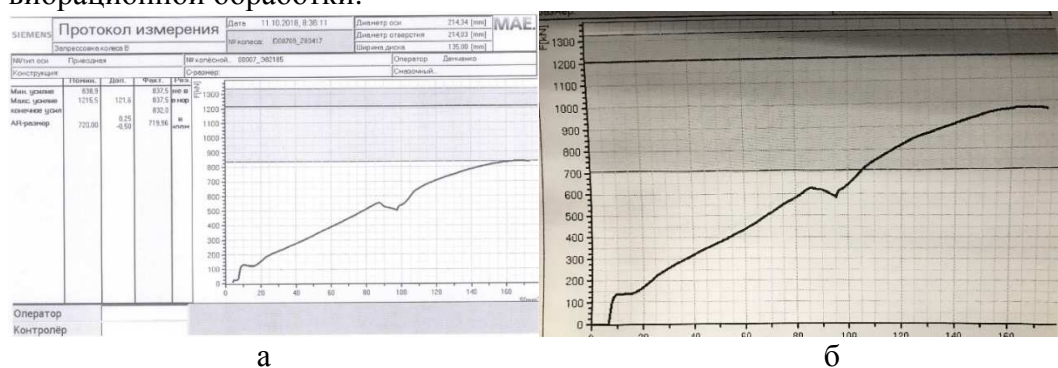


Рис. 3. Форма диаграммы запрессовки

Анализ результатов формирования колесной пары показал, что метод повышения качества поверхностного слоя методом вибрационного накатывания существенно влияет на качество формирования колесной пары за счет формирования регулярного микрорельефа улучшающего процесс формирования колесной пары, сокращению времени приработки контактирующих поверхностей и упрочнению слоя рабочих поверхностей оси колесной пары.

С применением методов поверхностного упрочнения происходит повышение усталостной прочностью, что также влияет на процесс эксплуатации колесной пары.

Список литературы

1. Шнейдер Ю.Г. Технология финишной обработки давлением: справочник. – СПб.: Политехника, 1998. – 414 с.
2. Шнейдер Ю.Г. Эксплуатационные свойства деталей с регулярным микрорельефом. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, 1982. – 248 с.
3. Красный В.А., Максаров В.В. Триботехнические характеристики деталей горных машин с регулярной микрогеометрией поверхности // Металлообработка. – 2016. – №1. – С. 29-35.
4. Инструкция по осмотру и освидетельствованию колесных пар 2631р, 12.2016 – РЖД.
5. Лубенская Л.М., Колодяжный П.В. Повышение эксплуатационных свойств осей колесных пар за счет упрочнения их поверхности // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. Академіка В. Лазаряна. – 2011. – №38. – С. 41-46.

References

1. Schneider Yu.G. Technology of finishing processing by pressure: handbook. – SPb.: Politechnika, 1998. – 414 p.
2. Schneider Yu.G. Operational properties of parts with regular microrelief. – 2nd ed., reprint. and additional. – L.: Mechanical Engineering, 1982. – 248 p.
3. Krasnyi V.A., Maksarov V.V. Tribotechnical characteristics of mining machine parts with regular surface microgeometry // Metalworking. – 2016. – No. 1. – P. 29-35.
4. Instructions for the inspection and inspection of wheel sets 2631r, 12.2016 – Russian Railways.
5. Lubenskaya L.M., Kolodyazhny P.V. Improving the operational properties of wheelset axles by strengthening their surface // Bulletin of the Dnepropetrovsk National University of railway transport named after academician V. Lazaryan. – 2011. – No. 38. – P. 41-46.

Сведения об авторах:

Дроботухин Владислав Кириллович – магистр, Санкт-Петербургский горный университет, г.Санкт-Петербург, Россия, drobotuchin@gmail.com

Information about authors:

Drobotukhin Vladislav Kirillovich – master's degree, Saint-Petersburg Mining University, Saint-Petersburg, Russia, drobotuchin@gmail.com

Получена 01.07.2021