



УДК 621.771.079

Ю.В. Жиркин, А.Е. Горькова
ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»
г. Магнитогорск, Россия
E-mail: girkin@yandex.ru
Дата поступления 14.11.2018

ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА УЗЛОВ ТРЕНИЯ В ЛИНИИ ПРИВОДА ВАЛКОВ ЛИСТОПРОКАТНОГО СТАНА

Аннотация

На высокоскоростных станах холодной прокатки наиболее нагруженными являются зубчатые зацепления редуктора-шестерённой клетки, шарниры универсальных шпинделей, подшипниковые опоры рабочих валков. Повышение ресурса данных узлов является важными как научной, так и инженерной задачами. На основе ранее проведенных исследований предлагаются инженерные решения, обеспечивающие повышение ресурса рассматриваемых узлов трения.

Ключевые слова: ресурс, карбонитрация, зубчатое зацепление, шарнир шпинделя, валковые опоры, эластогидродинамическая смазка.

Введение

За последние годы на ряде фирм введены в эксплуатацию листопрокатные станы холодной прокатки, характеризующиеся высокой производительностью и выпуском высококачественной продукции. Опыт эксплуатации таких станов, в частности, стана 2000 холодной прокатки на ПАО «ММК» показывает, что реальная производительность стана во многом зависит от технического состояния оборудования и условий его эксплуатации.

Линия привода валков прокатной клетки включает электродвигатель, редуктор-шестерённую клетку, шпиндельное соединение, валковую систему. Основные отказы в линии привода валков, как показано в работах [1, 2, 3] связаны с нарушением работоспособности узлов трения, к которым относятся: зубчатые зацепления в редукторе-шестерённой клетке, шарниры с подшипниками качения в шпиндельном соединении, подшипники качения рабочих и опорных валков. Целью работы является обоснование применения инженерных методов повышения ресурса узлов трения в линии привода валков листопрокатного стана. Для достижения данной цели решаются задачи для каждого конкретного узла

трения в линии привода валков на основе анализа их работоспособности.

Основная часть

Ресурс узлов трения в линии привода рабочих валков станов, определяется в основном износостойкостью зубчатых колёс и подшипников качения. Повышение износостойкости можно достичь применением инженерных решений, основанных на основе научных знаний о процессах, протекающих на контактирующих поверхностях узлов трения. В работе рассматриваются решения применительно к каждому узлу трения в линии привода валков.

Редуктор-шестерённая клетка

Работоспособность зубчатых зацеплений обеспечивается упрочняющей обработкой зубчатых колёс и циркуляционной системой смазывания с подбором соответствующей марки жидкого смазочного материала. В работе [4] показано, что повышение ресурса зубчатых колёс можно достичь, подвергая их процессу карбонитрации. Это обусловлено тем, что в процессе карбонитрации создаётся на поверхности зубьев новый микропрофиль. Сравнение микропрофилей на рисунках 1 и 2 показывает, что формируется совершенно новый микропро-

филь с увеличенным количеством микровыступов. Измерения параметров шероховатости проводились в лаборатории Научно-исследовательского центра «Микротопография» МГТУ им. Г.И. Носова. Использовались установки MarSurf XR20 with XT20 (Mahr, Германия) и Contour GT K1 (Bruker, США). По результатам исследования [5] повышение контактных напряжений

в зубчатом зацеплении карбонитрированных зубчатых колёс ведёт к снижению величины коэффициента трения на поверхностях трения в зубчатом зацеплении, согласно зависимости:

$$f_{\text{тр}} = 37,3 \cdot 10^3 \cdot \sigma_{\text{к}}^{-2,03}$$

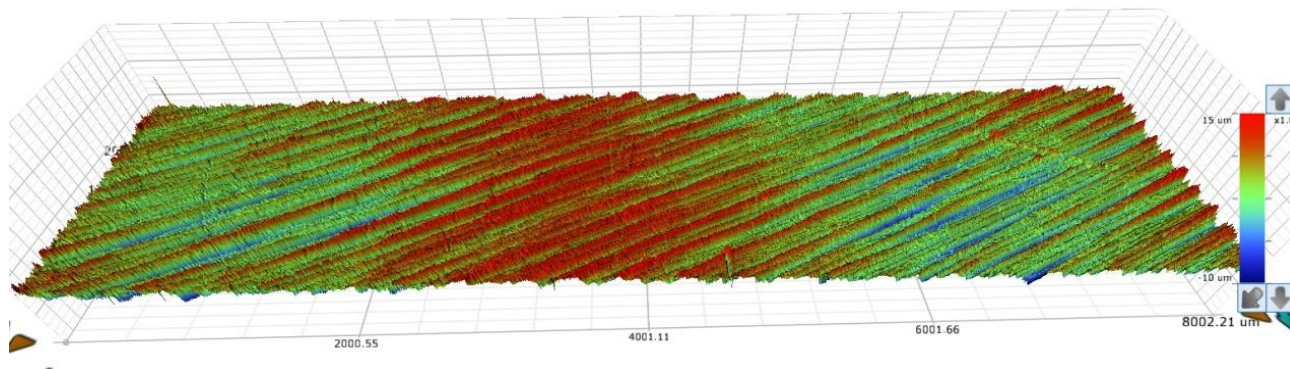


Рисунок 1. Исходный микропрофиль

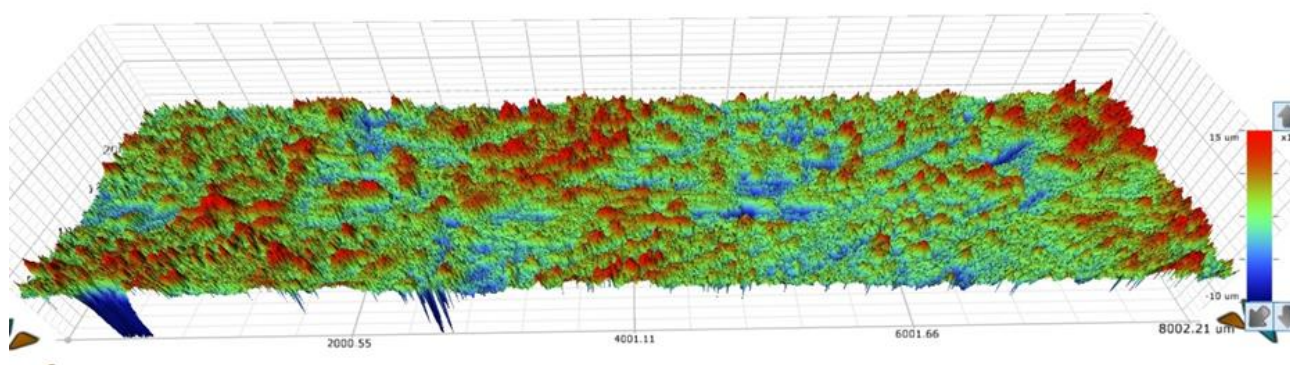


Рисунок 2. Микропрофиль после карбонитрации

В работе [6] показано, что такая взаимосвязь соответствует формированию на трущихся поверхностях карбонитрированных зубчатых колёс ненасыщенного упругого контакта, обеспечивающего снижение интенсивности изнашивания в сравнении с пластическим контактом, и соответственно, к повышению их ресурса.

Данная аналитическая зависимость позволяет определять значение величины коэффициента трения в зубчатых зацеплениях на реальных объектах [3]. В частности, в редукторе-шестерённая клеть линии привода валков прокатной клетки № 1 стана 2000 холодной прокатки после карбонитрации зубчатых колёс величина коэффициента трения составит для первой ступени $f = 0,063$ при действующих нормальных контактных напряжения $\sigma_{\text{к}} = 693,2$ МПа, а

для 2 ступени - $f = 0,077$ при $\sigma_{\text{к}} = 630,5$ МПа.

Использование карбонитрированных зубчатых колёс позволяет не только повышать ресурс, но и снижать энергозатраты на преодоление сил трения в зубчатом зацеплении.

Шпиндельные соединения

Подшипники качения в шарнире универсального шпинделя воспринимают значительные нагрузки при знакопеременном смещении контактирующих поверхностей, что является условием реализации в них режима избирательного переноса, так называемого «эффекта безизносности». Реализовать данный режим возможно применением пластичных смазочных материалов

(например, ЛКС-металлургическая), с добавлением в качестве присадки до (3%) серонокислой меди [6].

Валковая система

В настоящее время подшипники качения опор рабочих и опорных валков смазываются системой смазывания «масло-воздух». Опыт эксплуатации подшипниковых опор показывает, наиболее важным условием, обеспечивающим работоспособность подшипниковых опор, является формирование на контактирующих поверхностях подшипников качения режима ЭГД-смазки. Реализацию данного режима смазки, по результатам выполненных ранее исследований возможно обеспечить путём:

- герметизации подшипниковых узлов валковой системы [7],
- равномерного распределения подачи СМ по рядам тел качения [8],
- гарантированной подачи СМ в зоны контакта тел качения с кольцами [9,10,11],
- управления температурой и регулирования режимом подачи СМ в подшипниковые опоры в зависимости от условий эксплуатации [12,17],
- выбора марки СМ, реализующего режим ЭГД-смазки в подшипниках качения опор валков [14,15,16,].

Заключение

На основании выполненных ранее исследований рекомендованы инженерные подходы к решению задач повышения ресурса узлов трения в линии привода валков листопрокатных станов. Реализация предлагаемых мероприятий позволит не только существенно повысить ресурс оборудования линии привода валков, но и снизить энергозатраты на преодоление сил трения в узлах трения.

Библиографический список

1. Мироненков Е.И., Жиркин Ю.В., Дудоров Е.А. Работоспособность подшипников качения рабочих валков чистовой группы клетки стана горячей прокатки при их смазывании системой "масло-воздух". Тяжелое машиностроение. 2007. № 2. С. 19-20.
2. Пузик Е.А., Жиркин Ю.В., Филатов А.А. Повышение долговечности подшипниковых опор прокатных клеток "кварто" при их техническом обслуживании. Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2015. № 3 (51). С. 83-88.
3. Жиркин Ю.В., Чумичев Е.К. Повышение износостойкости зубчатых колёс шестерённых клеток стана 2000х/пр ЛПЦ-11 ОАО "ММК". Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. 2017. Т. 1. С. 147-150.
4. Славин В.С., Пузик Е.А., Чумичёв Е.К. Влияние карбонитрирования на характер взаимодействия поверхностей трения зубьев в зубчатых передачах // Механическое оборудование металлургических заводов. 2016 № 2 (7). С. 52-58.
5. Жиркин Ю.В., Чумичев Е.К. Повышение износостойкости зубчатых колёс шестерённых клеток стана 2000х/пр ЛПЦ-11 ОАО "ММК". Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. 2017. Т. 1. С. 147-150.
6. Жиркин Ю.В. Основы теории трения и изнашивания (основы триботехники). учебное пособие / Ю. В. Жиркин; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное агентство по образованию, Гос. образовательное учреждение высшего проф. образования "Магнитогорский гос. техн. ун-т им. Г. И. Носова". Магнитогорск, 2007.
7. Дудоров Е.А., Жиркин Ю.В., Паршин П.Р. Повышение герметизации подшипниковых узлов рабочих валков клетки "кварто". Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2009. № 3 (27). С. 58-61.
8. Дудоров Е.А., Жиркин Ю.В. Модернизация подшипникового узла с целью продления его ресурса. Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2007. № 4 (20). С. 94-96.
9. Жиркин Ю.В., Пузик Е.А., Султанов Н.Л. Проектирование тяжело нагружен-

- ных подшипниковых опор при смазочной системе масло-воздух. Вестник машиностроения. 2016. № 9. С. 58-61.
10. Zhirkin Y.V., Puzik E.A., Filatov A.A., Sultanov N.L. Prolonging the service life of the rolling bearings of the work rolls of the 2000 tandem cold-rolling mill at the magnitogorsk metallurgical combine. Metallurgist. 2017. Т. 60. № 11-12. С. 1180-1182.
 11. Zhirkin Yu.V., Puzik E.A., Sultanov N.L. Design of heavy-duty bearings with oil-air lubrication. Russian Engineering Research. 2016. Т. 36. № 12. С. 1001-1003.
 12. Султанов Н.Л., Мироненков Е.И., Жиркин Ю.В. Управление тепловым состоянием подшипниковых опор на стане-тандеме 2000 холодной прокатки ОАО ММК. Сталь. 2014. № 4. С. 71-73.
 13. Жиркин Ю.В., Мироненков Е.И., Дудоров Е.А. Физическое моделирование режима смазки подшипниковых узлов рабочих валков прокатных станов. Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 2007. № 4. С. 54-56. Версии: Zhirkin Yu.V., Mironenkov E.I., Dudorov E.A. Lubrication of working-roller bearings in rolling mills. Steel in Translation. 2007. Т. 37. № 4. С. 350-352.
 14. Жиркин Ю.В., Пузик Е.А. Аналитическо-экспериментальное определение параметров ЭГД-смазки в подшипниках качения опор рабочих валков стана 2000 горячей прокатки. Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2010. № 4 (32). С. 52-56.
 15. Жиркин Ю.В., Пузик Е.А. Алгоритм подбора смазочного материала для смазывания подшипниковых опор рабочих валков клетей кварто. Механическое оборудование металлургических заводов. 2015 № 1 (4). С. 55-60.
 16. Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2014613371 Автоматизированный расчёт температуры смазочного материала, поступающего в подшипниковые опоры рабочих валков клетей кварто/Е.А. Пузик, Ю.В. Жиркин//БПБТ 2014г.-№4
 17. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014614308 Расчет теплового состояния узлов трения на станах холодной прокатки / Султанов Н.Л., Жиркин Ю.В., Мироненков Е.И., Ячиков И.М. и др.; ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова».

Information about the paper in English

Yu.V. Zhirkin, A.E. Gorkova

Nosov Magnitogorsk State Technical University
Magnitogorsk, Russian Federation

E-mail: girkin@yandex.ru

Received 14.11.2018

**INCREASE IN THE LIFETIME OF FRICTION ASSEMBLIES OF DRIVES
FOR ROLLS OF THE SHEET ROLLING MILL**

Abstract

Gears of the pinion stand reducing gear, joints of universal spindles, bearing supports of work rolls are the most highly exposed to stresses on high-speed cold rolling mills. Increasing the lifetime of the stated units is important in both scientific and engineering aspects. The conducted studies served as a basis to offer engineering solutions ensuring the increased lifetime of friction assemblies under consideration.

Keywords: lifetime, carbonitriding, gear, spindle joint, roll supports, elastohydrodynamic lubrication.
