

УДК 621.822.6; 621.892.09

Платов С.И., Терентьев Д.В., Жиркин Ю.В., Мироненков Е.И., Мезин И.Ю.

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА РЕЖИМОВ СМАЗЫВАНИЯ ПОДШИПНИКОВЫХ УЗЛОВ РАБОЧИХ ВАЛКОВ СТАНА 2000 ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКИ

Задачей исследования явилось установление вида распределения, которым описываются случайные значения ресурсов подшипников качения и нахождение их среднего ресурса. В клетях кварто чистовой группы клетей подшипники качения работают в разных условиях в зависимости от места их установки. В рамках проведения исследования были собраны сведения по ресурсам подшипников качения в зависимости от места их установки.

Ключевые слова: режимы смазывания, подшипниковые узлы.

The aim of the study was to establish the form of distribution, which describes the random values of resources bearings and finding their average life. In the stands quarto finishing stands of rolling bearings operating under different conditions depending on the location of their installation. As part of the study, data were gathered on the resources of rolling bearings, depending on where they are installed.

Key words: modes of lubrication, bearing assemblies.

Подшипники качения рабочих валков работают в жестких условиях нагружения. Усилие от противоизгиба достигает $P=1400$ кН, а частота вращения до $\omega = 40$ c^{-1} .

На чистовой группе клетей стана 2000 г.п. для смазывания подшипников качения применяется минеральное масло. В процессе эксплуатации в подшипниковые узлы проникают вода, механические примеси (окалина) и минеральное масло меняют свои свойства. Все эти факторы влияют на ресурс подшипников качения рабочих валков [1,2]. Задачей исследования явилось установление вида распределения, которым описываются случайные значения ресурсов подшипников качения и нахождение их среднего ресурса. В клетях кварто чистовой группы клетей подшипники качения работают в разных условиях в зависимости от места их установки. В рамках проведения исследования были собраны сведения по ресурсам подшипников качения в зависимости от места их установки. Статистическая обработка результатов показала, что выборки принадлежат к генеральной совокупности, описываемой распределением Вейбулла:

$$f(t) = \frac{b}{a} \cdot \left(\frac{t}{a}\right)^{b-1} \cdot \exp\left[-\left(\frac{t}{a}\right)^b\right].$$

Проверка гипотезы о принадлежности к распределению Вейбулла осуществлялась по критерию «S-статистика»:

$$S = \frac{\sum_{i=(r/2)+1}^{r-1} \left[\frac{\ln t_{i+1} - \ln t_i}{M_i} \right]}{\sum_{i=1}^{r-1} \left[\frac{\ln t_{i+1} - \ln t_i}{M_i} \right]},$$

где M_i – весовой коэффициент, значение которого берется из таблиц.

Условие выполнения гипотезы:

$$S_{кр}(q, r) > S,$$

где $S_{кр}$ – критическое значение «S-статистики» (из таблиц).

Для получения оценок ресурсной характеристики «а» и параметров формы «b» использовались статистики:

$$\hat{a} = \exp\left(\sum_{i=1}^r a_i \cdot \ln t_i\right); \quad \hat{b} = \sum_{i=1}^r (c_i \cdot \ln t_i)^{-1},$$

где a_i, c_i – коэффициенты.

Статистической обработке подверглось более ста значений. Для определения среднего ресурса использовались статистика

$$\hat{T} = a \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{b}\right).$$

Полученные значения среднего ресурса характеризуют его неравномерное распределение в зависимости от места установки подшипников качения. Анализ наработок показал принадлежность основной их части к распределению Вейбулла.

Средний ресурс подшипников качения как по клетям, так и по местам их расположения различен. Со стороны зафиксированной подушки подшипника качения средний ресурс ниже на 12%, чем со стороны не зафиксированной. Одной из причин данного неравномерного распределения является возникновение больших осевых усилий в результате перекоса валков при прокатке металла, направленных в сторону зафиксированной подушки.

Разность среднего ресурса подшипника качения на нижнем и верхнем рабочем валке также существенна (со стороны зафиксированной подушки 13%, с свободной стороны 9%). Здесь основной причиной выхода из строя подшипников качения являются большие контактные напряжения, возникающие на контакте ролика и беговой дорожки вследствие воздействия на подушку валка усилия от противоизгиба, достигающего 1400 кН, и различного расположения смазочных отверстий в подушках рабочих валков, а также концентрации механических примесей и влияние воды на вязкостно-температурные показатели смазочных материалов.

Более низкий ресурс нижних опор в сравнении с верхними, на первый взгляд, не имеет объяснения,

исходя из равных условий нагружения, характерных для клетей кварто.

Единственным отличием является расположение места подвода смазочного материала относительно зоны нагружения подшипников качения.

На верхней опоре смазочный материал подводится в верхнюю часть подшипника, тогда как зона его нагружения находится в нижней части, и смазочный материал перед входом в зону нагружения имеет более высокую температуру, чем на входе и соответственно меньшую вязкость [3].

На нижней опоре смазочный материал также подводится в верхнюю часть подшипника качения, но непосредственно в зону нагружения, и он при более низкой температуре имеет более высокую вязкость, что, в свою очередь, оказывает влияние на величину параметра скорости \bar{U} :

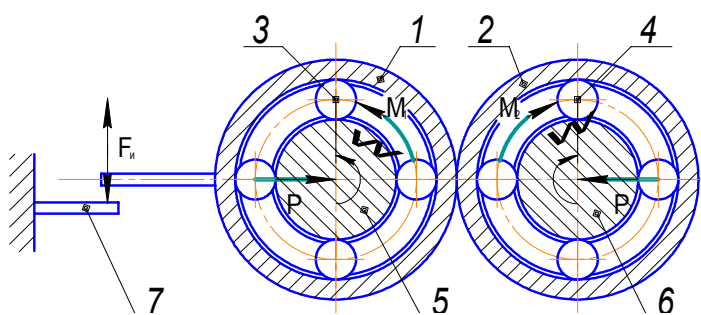
$$\bar{U} = \frac{\eta_0 \cdot U}{E' \cdot R},$$

где η_0 – вязкость смазочного материала; U – гидродинамическая скорость; E' , R – приведенные модуль упругости и радиус кривизны.

Увеличение параметра скорости ведет к перераспределению давления на контакте с возникновением пика давления.

В связи с этим необходимо понижать класс вязкости смазочного материала, для снижения параметра скорости. Но одновременно необходимо обеспечить в подшипнике качения возможность реализации режима эластогидродинамической смазки. Поэтому необходимо знать фактическую вязкость смазочного материала на контакте с учетом попадания воды и механических примесей.

С этой целью была применена экспериментальная установка, принципиальная схема которой представлена на рисунке.



Принципиальная схема установки и схема нагружения

На установке фиксировался момент сопротивления от проворачивания внешнего кольца подшипника качения, температура разогрева при различных угловых скоростях на смазочных материалах с разными классами вязкости.

По величине измеренного момента сопротивления, используя методику Коднира Д.С., были рассчитаны значения вязкости и соответствующие ей температуры.

Используя разработанную экспериментальную установку, проведена серия экспериментов для создания условий нагружения подшипникового узла, которые идентичны реальным условиям нагружения под-

шипников рабочих валков стана 2000 горячей прокатки.

Замеры проводились последовательно для каждого смазочного материала на различных угловых скоростях подшипников качения.

Так как в момент пуска установки возникает высокий момент сопротивления в подшипнике качения для высоковязких смазочных материалов класса вязкости 680 и 460, осуществлялся его предварительный подогрев до 60–80°C.

Во второй серии экспериментов проводились те же самые измерения, но с постоянной подачей смазочного материала в подшипниковый узел.

В третьей серии экспериментов измерения происходили при нагрузке $P = 1,25$ кН. По окончании эксперимента для заданных угловой скорости и марки смазочного материала установка останавливалась и отключался привод на правый подшипниковый узел.

При последующем запуске измерялся момент сопротивления только одного подшипника.

По результатам измерений были получены зависимости изменения температуры подшипникового узла с течением времени для разных скоростных режимов и смазочных материалов. Интенсивность возрастания температуры в узле трения выше при угловых скоростях, характерных для 11-13 клетей. Наименьшая интенсивность возрастания температуры для этих узлов достигается на смазочных материалах класса вязкости 200 и 100.

При дополнительном введении в подшипниковый узел смазочного материала температурой 30–40°C наблюдается существенный рост момента трения и резкий рост температуры на контакте. То есть постоянное введение смазочного материала с низкой температурой способствует появлению динамических нагрузок в контактной зоне, связанных с возникновением значительной толщины масляной пленки. Возможной причиной повышенного износа подшипников на нижних рабочих валках по сравнению с верхними может являться характер их нагружения.

Полученные результаты исследований позволили разработать новую конструкцию подшипниковых и уплотнительных узлов рабочих валков стана 2000 горячей прокатки. Характерной особенностью предлагаемого узла является совместное использование специальных уплотнений и крыльчатобразных пылевлагоотбойников. Предлагаемые мероприятия внедрены в условиях стана 2000 г/п ОАО «ММК».

Использование уплотнительных устройств подшипниковых узлов данной конструкции в зависимости от номера клетки позволило:

- уменьшить содержание КОИ в 1,5-3,9 раза;
- сократить содержание механических примесей в 2,6-10,0 раз;
- уменьшить содержание воды в 3,5-5,7 раз;
- уменьшить температуру каплепадения в 1,22-1,6 раза;
- сократить расход смазочных материалов на 7 т в месяц;
- увеличить стойкость подшипников качения рабочих валков в 1,1 раза.

Дальнейшее применение пылевлагоотбойников

позволило уйти от нежелательного уплотнения подушек рабочих валков чистой группы клетей пластичным смазочным материалом, тем самым сократить его расход на 7-9 т в месяц и повысить эксплуатационные качества автоматизированных систем «масло-воздух», которые являются эффективными для создания условий реализации режима эластогидродинамической смазки.

Список литературы

1. Перель, Л.Я. Подшипники качения: Расчет, проектирование и обслуживание опор / Л.Я. Перель. М.: Машиностроение, 1983. 543 с.
2. Перель, Л.Я. Подшипники качения: Расчет, проектирование и обслуживание опор / Л.Я. Перель, А.А. Филатов. М.: Машиностроение, 1992. 608 с.

3. Влияние вязкости минеральных масел на температурный режим подшипниковых узлов рабочих валков прокатных станов / Мироненков Е.И., Жиркин Ю.В., Дудоров Е.А., Резванов С.Б. // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. 2006. № 1. С. 58-60.

Bibliography

1. Perel, L.Y. Bearings: Calculation, design and maintenance- tion supports / L.Y. Perel. Moscow: Mashinostroenie, 1983. 543 p.
2. Perel, L.Y. Bearings: Calculation, design and service support / L.Y. Perel, A.A. Filatov. Moscow: Mashinostroenie enie, 1992. 608 p.
3. The effect of viscosity of mineral oils in the temperature regime of bearing units of work rolls of rolling mills / Mironenko E.I., Zhirkin Y.V., Dudorov E.A. Rezvanov S.B. // Vestnik MSTU named after G.I. Nosov, 2006. № 1. From 58-60.

УДК 621.771.06: 621.892

Платов С.И., Дема Р.Р., Лукьянов С.И.

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОХЛАЖДЕНИЯ ПРОКАТНЫХ ВАЛКОВ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НА ШИРОКОПОЛОСНОМ СТАНЕ 2000 ОАО «ММК»

В данной работе представлены результаты исследований, направленные на внедрение новой технологии охлаждения прокатных валков. Внедрение результатов позволило снизить температуру верхних рабочих валков на 6-й клетки стана 2000 ОАО «ММК» на 5–15 град (с 75–85 до 70°C), что соответствует установленным требованиям к состоянию прокатных валков.

Ключевые слова: горячая прокатка, технология прокатки, система охлаждения, рабочий валок.

This paper presents the results of studies aimed at introducing new technology of cooling rolls. Implementation of the results allowed to reduce the temperature of the upper work rolls in the second cage mill 2000 JSC «ММК» in 5–15 C (from 70 to 75–85 C), which conforms to the state rolls.

Key words: hot rolling, rolling technology, sistem cooling, work roll.

Совершенствование технологических процессов, конструкции прокатного оборудования, а также качество готового проката в значительной степени определяется тепловым режимом прокатных станов. Для обеспечения заданных параметров теплового режима современные станы оснащают мощными системами охлаждения и теплового профилирования валков и полосы.

Для непрерывной черновой группы клетей стана 2000 г.п. ОАО «ММК» произведен комплексный анализ существующей системы охлаждения рабочих валков, включающей в себя коллектор для охлаждения верхнего опорного валка (спреерного типа) и коллектор с плоскофакельными форсунками для охлаждения нижнего рабочего валка. Результаты промышленных исследований температуры рабочих валков представлены в **таблице**.

В результате проведенного анализа выявлен следующий недостаток: перегрев верхнего рабочего валка 6-й клетки (температура составляет 80–85°C) вследствие неправильного распределения охладителя; нижний рабочий валок 6-й клетки находится в удовлетворительном состоянии (67–70°C), что соответствует требованиям (Г)ТИ-101-П-ГЛ10-384-2009 «Подготовка, эксплуатация и учет стойкости прокатных валков стана 2000 горячей прокатки ЛПЦ-10».

С целью снижения рабочей температуры верхнего рабочего валка было предложено усовершенствовать

существующую систему охлаждения. На первом этапе предложено произвести перераспределение охладителя с коллектора охлаждения верхнего опорного валка на систему охлаждения верхнего и нижнего рабочего валка. На втором этапе спроектировать и заменить существующий коллектор охлаждения верхнего рабочего валка спреерного типа на новый коллектор с плоскофакельными конструкциями.

Температуры рабочих валков для непрерывной черновой группы клетей стана 2000 ОАО «ММК», °C

Номер клетки	Положение валка	Длина бочки валка, мм					(Г)ТИ-101-П-ГЛ10-384-2009
		0	500	1000	1500	2000	
4	Верхний рабочий	63	65	67	64	63	Соответствует
	Нижний рабочий	62	64	65	64	62	Соответствует
5	Верхний рабочий	67	68	72	70	69	Соответствует
	Нижний рабочий	69	68	71	70	68	Соответствует
6	Верхний рабочий	76	85	87	82	79	Не соответствует
	Нижний рабочий	67	68	70	69	67	Соответствует