

УДК 621.771.23

**ИЛЬКОВ В.И.,
СМТКИН М.И.,
БУГАЕВ Д.Ю.**

Исследование работоспособности подшипников качения рабочих валков клетей НСХП-1400

По многолетним наблюдениям в клетях непрерывного шестиклетьевого стана холодной прокатки 1400 (НСХП-1400) листопрокатного цеха №3 (ЛПЦ-3) АО «АрселорМиттал Темиртау» существует проблема частого выхода из строя подшипников качения рабочих валков.

НСХП-1400 [1] предназначен для производства холоднокатаной полосы толщиной 0,18-0,6 мм с рабочим усилием прокатки до 20 МН. Паспортная скорость полосы после обжатия в клетки №6 составляет 33 м/с (рабочая скорость 28 м/с). Диаметры бочек валков: рабочего 600 мм; опорного 1400 мм.

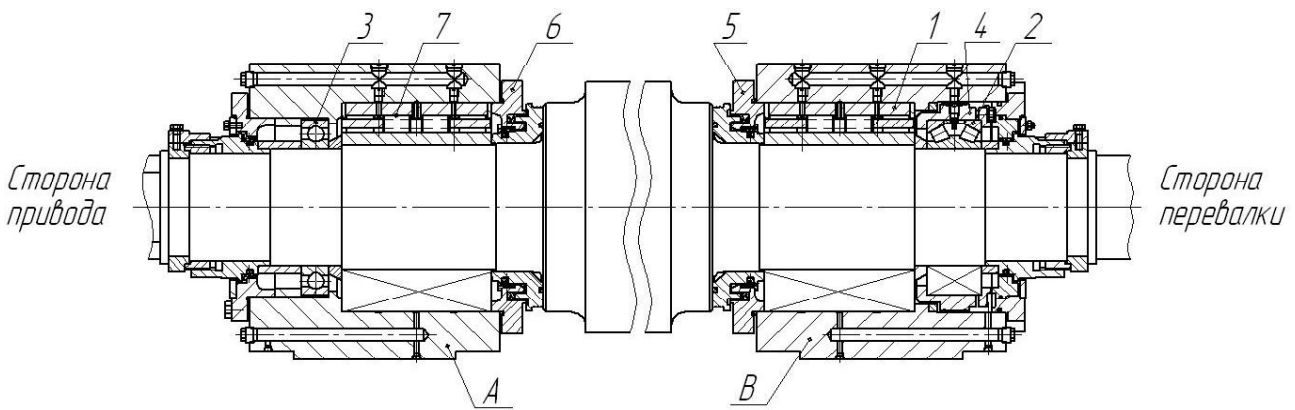
Все клетки стана имеют одинаковую конструкцию, а опоры рабочих валков этих клетей однотипны (рисунок 1).

Радиальные усилия воспринимают четырехрядные роликовые подшипники № 36-442860ХМ (1 и 7). Осевые усилия воспринимают радиально-упорный двухрядный конический роликоподшипник № 847156Л (2). Для осевой фиксации валка в подушке А служит радиальный шариковый однорядный подшипник № 156 (3). Смазка подшипников производится воздушно-масляной смесью на основе масла турбинного 30 (Т30).

Установлено, что в процессе эксплуатации опор наблюдаются нагрев, сильный износ тел качения, беговых дорожек и оплавление сепараторов подшипников № 847156Л.

При прокатке вначале сильно нагревается подшипник № 847156Л. Затем тепло от данного подшипника передается на подшипник № 36-442860ХМ (рисунок 1). В результате происходит уменьшение его радиального зазора, что приводит к заклиниванию тел качения, дальнейшему нагреву и износу подшипника.

Из-за близкого расположения подшипников в подушке (опора В) нагрев подшипника № 847156Л приводит к уменьшению срока службы подшипника № 36-442860ХМ. Это подтверждают различия в сроках службы подшипников № 36-442860 в опоре А и опоре В (в опоре В срок службы подшипников ниже). Сильный износ беговых дорожек подшипника № 847156Л приводит к смещению рабочего валка. При этом верхний рабочий валок смещается в сторону привода, а нижний – в сторону перевалки. По данным визуального осмотра, смещение может достигать 20 мм. Смещением нижнего рабочего валка в сторону обслуживания (перевалки) способствует, в частности, деформация уплотнения 5 (рисунок 1), которая, двигаясь в подшипник № 36-442860ХМ, вызывает заклинивание 1-го ряда роликов (со стороны бочки валка) этого подшипника. Поскольку в подушках не установлены температурные датчики, дающие информацию о нагреве подшипников, температура нагрева подшипника № 847156Л по визуальным наблюдениям может достигать примерно 800 °С.



А – левая подушка (плавающая); В – правая подушка (фиксированная); 1, 7 – радиальный четырехрядный роликовый подшипник №36-442860ХМ; 2 – радиально-упорный двухрядный конический роликоподшипник №847156Л; 3 – радиальный шариковый однорядный подшипник №156; 4 – стакан; 5, 6 – уплотнения подшипников

Рисунок 1 – Опора рабочего вала стана холодной прокатки

Нагрев и низкий срок службы подшипника № 847156Л (средняя наработка на отказ в 2008 г. составила 690 часов) можно объяснить большой осевой нагрузкой, воспринимаемой подшипником, большими скоростями прокатки, возможной работой подшипника с перекосами и неудовлетворительной системой смазки.

Изменение объемов производства ЛПЦ-3 и количества подшипников рабочих валков НХСП-1400, двухклетьевого дрессировочного стана 1400 (ДДС-1400), двухклетьевого прокатно-дрессировочного стана 1400 (ДПДС-1400), вышедших из строя за период с 1994 по 2008 гг., приведены на рисунке 2. Предоставление в статье информации об общем выходе подшипников на не одном стане (стане НХСП-1400, рассматриваемом в статье), а на всех станах, входящих в ЛПЦ-3, связано с ограниченной доступностью к получению информации, предоставляемой предприятием. При анализе рисунка 2 принимали во внимание, что конструкции клетей НХСП-1400, ДДС-1400, ДПДС-1400 однотипны, рабочая скорость и усилия дрессировки на станах ДДС, ДПДС-1400 в основном не превышают соответственно 28-33 м/с, 20МН (как на стане НХСП-1400). При этом расход подшипников на НХСП-1400 приблизительно составляет около 70 % от общего расхода подшипников по станам ЛПЦ-3.

Для изучения зависимости изменения годового расхода подшипников с 1994 по 2008 гг. в данной работе рассчитали коэффициенты корреляции и уравнение регрессии. Коэффициенты корреляции [2] находили по формуле:

$$r = \beta \sqrt{\frac{m \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}{m \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2}}, \quad (1)$$

где β – коэффициент регрессии;
 m – число значений x ;
 x_i – порядковый номер года;
 y_i – расход подшипников на одну тысячу тонн прокатываемого металла в год, шт/тыс.т.

$$\beta = \frac{m \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{m \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}. \quad (2)$$

Уравнение регрессии с учетом (1), (2) находили по формуле:

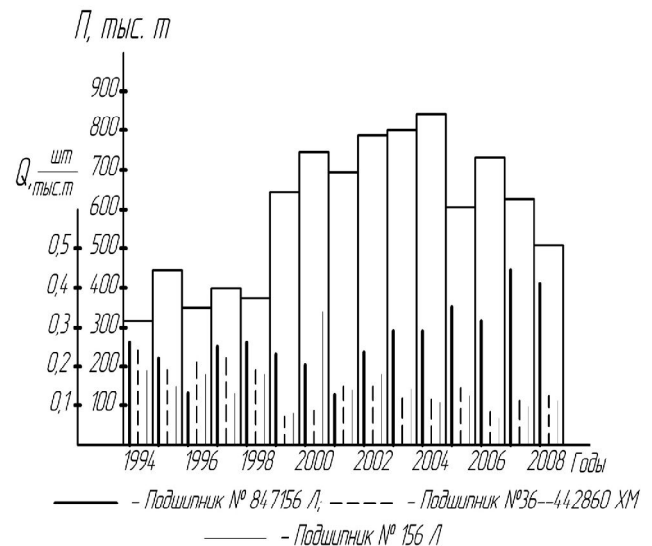
$$y = \alpha + \beta x, \quad (3)$$

где α – коэффициент.

$$\alpha = \frac{\sum y_i - \beta \sum x_i}{m}.$$

В результате расчетов по формуле (1) получили значение коэффициентов корреляции для подшипника: № 847156Л $r = 0,73$; № 36-442860ХМ $r = -0,69$; № 156Л $r = -0,42$. Прямые уравнений регрессии расхода подшипника представлены на рисунке 3.

Анализ рисунков 2 и 3 и результаты расчетов коэффициентов корреляции позволяют судить о следующем.



Q – количество подшипников, вышедших из строя на тыс. т прокатываемого металла (удельный расход подшипников); $П$ – годовой объем прокатываемого металла в ЛПЦ-3 (НХСП-1400)

Рисунок 2 – Изменение объемов производства ЛПЦ-3 и количества подшипников роликов и рабочих валков НХСП-1400, ДДС-1400, ДПДС-1400, вышедших из строя за период с 1994 по 2008 годы



1а, 2а, 3а – соответственно кривые расхода подшипников № 847156Л, № 442860, № 156Л;
2а, 2б, 3б – уравнения регрессии расхода подшипников № 847156Л, № 442860, № 156Л

Рисунок 3 – Кривые и прямые уравнения регрессии расхода подшипников

У подшипника № 847156Л наблюдается рост удельного расхода с каждым годом (с 1994 по 2008 гг. рост практически увеличился вдвое). К 2008 г. видно, что наблюдается увеличение расхода подшипников № 847156Л, несмотря на уменьшение объема производства (рисунок 2). При этом коэффициент корреляции более 0,5, что свидетельствует о сильной зависимости роста расхода подшипников от срока службы стана. Получаем, что срок службы в большей мере зависит от состояния работоспособности рабочих клеток стана в целом. Увеличение износа деталей их неравномерная деформация, вызванная также этим износом, приводит к перекосам валковой системы, что в свою очередь увеличивает осевые нагрузки, которые в сочетании с большими скоростями прокатки вызывают резкое снижение срока службы подшипников № 847156Л. О наличии перекосов указывает также аварийный выход из строя этих подшипников.

О характере износа подшипников № 36-442860 и № 156Л за период с 1994 по 2008 гг. можно судить об уменьшении их расхода на одну тонну прокатываемого металла (рост выхода из строя подшипников № 156Л в 2000 г. связан с применением этих подшипников взамен подшипников № 847156 на ряде опор рабочих валков). Уменьшение расхода данных подшипников можно объяснить уменьшением технологами, по возможности, усилий и скоростей прокатки и дрессировки с целью повышения надежности подшипников № 847156Л и снижения их аварийного выхода из строя. Так, скорость прокатки в клетки №6 в некоторых случаях можно снижать до 20 м/с.

Информация по аварийному выходу радиально-упорных подшипников № 847156 НСХП-1400 за 2008 год приведена в таблице.

Из таблицы видно, что наиболее часто выходят из строя подшипники клеток № 4, № 5 и № 6.

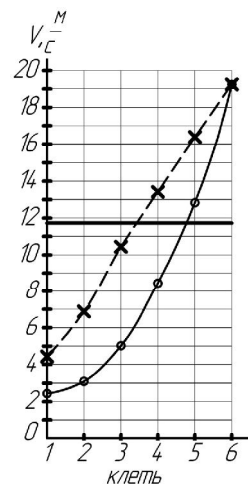
Влияние скорости прокатки на срок службы подшипника № 847156 Л показано на рисунке 4.

Приведены линейные скорости вращения центров тел качения по среднему диаметру подшипников № 847156Л клеток № 1÷6 НСХП-1400. Предельная

линейная скорость центров тел качения по среднему диаметру подшипников равна 11,73 м/с (паспортное значение предельной частоты вращения подшипника № 847156Л составляет 640 мин⁻¹) и показана на рис. 4 сплошной толстой линией. Как видно из рис. 4, при режиме прокатки № 1 предельная линейная скорость тел качения подшипников превышает в клетях № 5, 6, а при режиме № 2 – для подшипников клеток № 4-6. Превышение подшипником предельной скорости значительно уменьшает срок их службы.

Аварийный выход подшипников № 847156 НСХП-1400 за 2008 г.

Период, месяц	Количество подшипников по клетям, шт						Итого, шт
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	
Январь	0	1	2	4	8	4	19
Февраль	0	1	0	3	3	15	22
Март	0	2	0	0	3	9	14
Апрель	0	2	0	5	0	10	17
Май	1	2	0	7	1	9	20
Июнь	0	0	1	0	0	17	18
Июль	0	2	2	3	2	14	23
Август	0	1	2	1	4	16	24
Сентябрь	0	2	1	2	5	7	17
Октябрь	0	0	1	1	5	10	17
Ноябрь	0	0	0	2	0	4	6
Декабрь	0	0	0	4	2	2	8
Всего за год	1	13	9	32	33	117	205



o – режим прокатки № 1 (относительное обжатие по клетям: 0,2; 0,2; 0,4; 0,41; 0,34; 0,33; Толщина полосы перед клетью № 1 $h_0=1,8$ мм; скорость полосы после прокатки в клетки № 6 $V=33$ м/с); x – режим прокатки № 2 (относительное обжатие по клетям: 0,27; 0,36; 0,34; 0,22; 0,18; 0,15; $h_0=3,0$ мм; $V=33$ м/с)

Рисунок 4 – Линейная скорость вращения подшипников № 847156Л клеток № 1÷6 НСХП-1400. V – линейная скорость вращения подшипника, м/с

Изложенное позволяет заключить, что радиально-упорные подшипники № 847156Л воспринимают осевые усилия, превышающие расчетные, которые принимались в соответствии с рекомендациями [1, 3] из соотношения $F_a \leq 0,02F_r$, где F_r – усилие прокатки. Кроме того, подшипники № 847156Л, установленные в 4-6 клетки, работают на скоростях, превышающих

паспортные значения угловой скорости для данного подшипника.

Существующая система смазки при эксплуатационных скоростях (до 33 м/с) и осевых нагрузках не обеспечивает необходимого для нормальной работы подшипника № 847156 Л количества смазки и отвода тепла в клетях № 4-6, в результате чего подшипники «горят».

Таким образом, для увеличения срока службы подшипников опор рабочих валков НСХП-1400 необходимо: уменьшить осевые нагрузки за счет восстановления геометрических размеров деталей клеток; заменить подшипник № 847156Л другим, выдерживающим более высокие скорости вращения; предусмотреть больший расход масла в подшипниках клеток № 4-6.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Королев А.А. Конструкция и расчет машин и механизмов прокатных станов: учеб. пособие для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Металлургия, 1985. 376 с.
2. Румшиский Л.З. Элементы теории вероятностей. 4-е изд. М.: Наука, 1970. 256 с.
3. Перель Л.Я. Подшипники качения: Справочник. М.: Машиностроение, 1984. 543 с.

УДК 621.7

**БАЙЖАБГИНОВА Г.А.,
СЕЙДИНОВА Г.А.,
МУРАВЬЕВ О.П.**

Изменение структуры стали 110Г13Л при электроконтактной обработке

В литом состоянии сталь 110Г13Л имеет аустенитную структуру с карбидными включениями. Величина зерна в стали зависит от толщины стенки изделия. При больших толщинах наблюдается крупное зерно с пониженным пределом прочности и низкими пластическими свойствами. Считается, что в случае абразивного износа структура аустенита с включениями карбидов обладает повышенной износостойчивостью.

При кристаллизации литой стали в условиях медленного охлаждения карбидные включения в структуре располагаются в основном по границам зёрен, вследствие чего литые изделия с такой структурой обладают низкой сопротивляемостью хрупкому разрушению.

Сталь 110Г13Л характеризуется низкими механическими свойствами [1]:

$$\sigma_s = 35-45 \text{ кгс/мм}^2, \quad \sigma_m = 28-35 \text{ кгс/мм}^2, \\ \delta = 1-2 \%, \quad a_u = 1,7 \text{ кгс} \cdot \text{м/мм}^2.$$

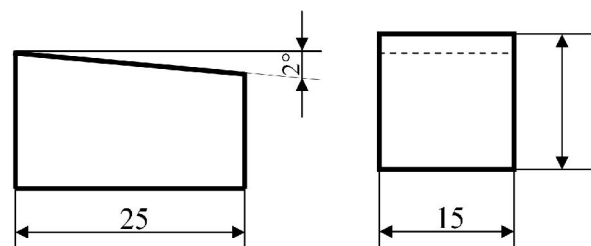
Микроструктуру стали 110Г13Л, прошедшей электроконтактную обработку, изучали на микрошлифах размером 15x25x15 мм, начиная от поверхности на всю глубину косога среза через каждые 0,035 мм.

Структура поверхностного слоя изучалась на микрошлифах, приготовленных следующим образом. Из колец, обработанных на режимах:

$$S = 100; 250; 250; 100; 100; 250; 100 \text{ мм/мин}, \\ t = 0,5; 0,5; 0,5; 1,0; 1,0; 1,0; 0,5 \text{ мм}, \\ V_u = 20; 30; 20; 30; 20; 20; 30 \text{ м/с}, \\ n = 50; 50; 250; 50; 250; 50; 250 \text{ об/мин}, \\ L_u = 12,5; 12,5; 22,5; 22,5; 12,5; 22,5; 22,5 \text{ мм}, \\ u_{\text{сх}} = 28; 34; 28; 28; 34; 34; 34 \text{ В}, \\ I = 800; 4200; 2800; 1300; 300; 4200; 1400 \text{ А},$$

вырезались образцы (рисунок) на малых скоростях резания с охлаждением, затем на шлифовальном станке снимался слой под углом 2°. После того как образец вырезан, его заливают в специальную оправку, чтобы избежать завалов краев при дальнейшей обработке.

Для получения плоской поверхности, предназначенной для исследования структуры, производят ее выравнивание на абразивном круге. При этом образец периодически охлаждается. Полученный образец шлифуют на бумаге № 12 с крупным абразивным зерном, затем на бумаге № 10 [2]. Шлифование производится вручную, при этом образец водят по бумаге в направлении, перпендикулярном к рискам, полученным от предыдущей обработки, до полного их исчезновения на бумаге № М28, М20, М14, М10. Затем образец подвергается полированию на полировальном станке ПСМ-2 с кругом диаметром 200-250 мм, обтянутым фетром. В зону полирования периодически подается жидкость, представляющая раствор окиси хрома в воде, с концентрацией 10-15 грамм на 1 литр воды.



Образцы колец

Приготовленный микрошлиф промывают водой, протирают спиртом и просушивают фильтровальной бумагой.

Травление производится водным раствором хлорного железа. Сущность процесса травления заключается в различной степени растворения или окрашивания отдельных структурных составляющих зерен чистых металлов, твердых растворов, химических соединений. Травитель является электролитом. Структурные составляющие сплава, имеющие электроотрицательный электродный потенциал, являются катодами и растворяются, другие, с положительным потен-