

УДК 621.771: 669.018.25

## УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ИЗНОС ВАЛКОВ ПРОКАТНОГО СТАНА ГОРЯЧЕГО МЕТАЛЛА

*В.А. Быстров, д.т.н., профессор*

*П.К. Дьяков, аспирант*

*А.Г. Уманец, аспирант*

Сибирский государственный индустриальный университет (Новокузнецк, Россия)

**Аннотация.** Рассмотрены условия эксплуатации и абразивного износа валков прокатного стана. Установлено, что основными причинами износа прокатных валков являются тепловой, окислительный, фрикционный и абразивный, а также разгарные трещины, образующиеся на поверхности валка в результате циклического нагрева и охлаждения в процессе эксплуатации. Указаны мероприятия повышения срока службы валков прокатного стана.

**Ключевые слова:** валок прокатного стана, высокотемпературный абразивный износ, биметаллические валки, электрошлаковая наплавка.

*E-MAIL:* bistrov39@yandex.ru

Одной из важнейших мер, способствующих увеличению выпуска проката, улучшению качества металлопродукции и снижению расходов по переделу, является повышение стойкости прокатных валков – основного рабочего инструмента прокатных станов горячего металла. Статистические данные, полученные как в нашей стране, так и за рубежом, достаточно красноречивы: 6 – 8 % всей стоимости прокатного стана составляет стоимость валков; 20 – 25 % (иногда до 75 %) времени работы стана уходит на их перевалки; в общих расходах по переделу затраты на валки по стану горячей прокатки составляют примерно 15 – 17 % [1 – 8]. Тема исследования и разработки высокопроизводительных процессов наплавки валков горячей прокатки перспективная и представляет интерес.

Валки работают в тяжелых условиях знакопеременных нагрузок, высоких контактных напряжений и высокотемпературного износа в результате трения, возникающего при прокатке. Основная причина преждевременного выхода валков из строя – контактно-усталостные разрушения рабочего слоя бочки. В процессе работы валки подвержены со стороны прокатываемого металла и стана разнообразным по характеру и величине воздействиям, вызывающим износ и сложные механические напряжения. На стойкость валков наиболее значительное влияние оказывают такие факторы, как соответствие износостойкости и прочности валка профилю проката и типу стана, температура прокатываемого металла и самих валков, эффективность и равномерность их охлаждения, плавность захвата металла валками и исключение пробуксовки. Во время прокатки на элементы валка действуют различные системы сил:

треф валка испытывает напряжения кручения, шейка – кручения и изгиба, бочка – напряжения изгиба и кручения от действия вертикального давления металла на валки и напряжения изгиба от действия боковых давлений. Кроме того, рабочая часть валка, соприкасающаяся с раскаленным металлом в очаге деформации, испытывает напряжения сжатия и высокотемпературного абразивного износа. Вследствие высокого давления раскаленного металла на валки в зоне контакта происходят тепловой износ, обуславливающий сваривание трущихся поверхностей в микрообъемах, с последующим отрывом частичек поверхности бочки валка; растрескивание поверхности, ухудшающее отвод тепла от точек контакта, что еще больше увеличивает тепловой износ. Величина последнего зависит от степени уменьшения физико-механических свойств материала при повышенных температурах: чем меньше снижаются механические свойства при нагреве, тем лучше материал бочки сопротивляется тепловому износу. Таким образом, основными разновидностями износа валков горячей прокатки являются тепловой, окислительный, фрикционный и абразивный, а также разгарные трещины, образующиеся на поверхности валка в результате циклического нагрева и охлаждения в процессе эксплуатации [1 – 8, см. также работу В.А. Быстрова<sup>1</sup>].

В настоящее время 2/3 всего парка прокатных валков составляют чугунные. Недостатком литых чугунных валков является малая конструкционная прочность, не позволяющая применять их в черновых клетях станов с большой степенью обжатия. Свойства материалов валков приведены в табл. 1.

Наиболее эффективным является применение бандажированных валков даже при однократном использовании оси, так как стойкость материала бандажа в 3 – 4 раза выше цельнокованых или литых, а применение твердых сплавов повышает износостойкость валков в

<sup>1</sup> Быстров В.А. Основы электрошлаковых технологий упрочнения композиционными сплавами деталей, работающих при высокотемпературном износе. Автореф. диссерт. д-ра техн. наук. Барнаул, 2003. 34 с.

Физико-механические свойства материала валков [1 – 5, 7, 8 и сноска 1]

Материал	Физические свойства				Механические свойства	
	$\mu$	$a$ , Вт/(м·К)	$E$ , МПа	$\alpha$ , $10^{-6}/\text{K}$	$\sigma_b$ , МПа	$\lambda/\varepsilon$
Отбеленный чугуи	0,32	27,0	19 000	12,0	450	3623/1,0
Высокохромистый чугуи	0,30	20,0	20 000	13,5	620	3913/1,7
Высокохромистая сталь	0,28	26,8	20 000	13,8	720	5033/1 ÷ 2
Быстрорежущая сталь	0,27	25,5	23 500	14,0	960	5567/3 ÷ 7
Композиционный материал на основе ТН 20 ЭШН	0,23	28,6	25 000	12,4	850	6038/4 ÷ 8

П р и м е ч а н и е.  $\mu$  – коэффициент Пуассона;  $a$  – коэффициент теплопроводности;  $E$  – модуль упругости;  $\alpha$  – коэффициент линейного расширения;  $\sigma_b$  – предел прочности;  $\lambda/\varepsilon$  – фактор качества/износостойкость.

8 – 10 раз, особенно валков прокатных станов горячего металла. Профиль износа валков показан на рис. 1.

Твердосплавные бандажи напрессовывают на оси валков или заливают жидкий металл в осевое пространство валка. Однако нарушение сопряжения бандажа и оси валка сдерживает применение этих способов. Получение бандажированного валка, состоящего из высокохромистого износостойкого чугунного бандажа и высокопрочной, пластичной стальной сердцевины (оси) валка, устраняет указанные недостатки (рис. 1) [1 – 8].

При эксплуатации бандажированных валков на контактной поверхности сопряжения ось – бандаж возникают различные усилия. Давление на контактной поверхности, необходимое для передачи момента прокатки с оси на бандаж, вызывает напряжение  $P_k$ , которое зависит от момента прокатки  $M_{пр}$ , внутреннего диаметра бандажа, длины контакта (длины бочки бандажа), коэффициента трения или силы межатомной связи поверхности раздела ось – бандаж.

На контактной поверхности ось – бандаж при перепаде температур возникают радиальные термические

напряжения  $P_{вн}$ , если материал бандажа значительно отличается от материала внутренней оси валка по теплофизическим свойствам. Эти напряжения в первом приближении можно рассчитать по формуле [8]

$$P_{вн} = \frac{(\alpha_o - \alpha_b) \Delta T E_o}{(1 + \mu_o) + (1 + \mu_b)(E_o/E_b)}, \quad (1)$$

где  $\alpha_o$  и  $\alpha_b$  – средние коэффициенты линейного расширения материала оси (индекс «о») и бандажа (индекс «б»);  $\mu_o$  и  $\mu_b$  – коэффициенты Пуассона;  $\Delta T$  – перепад температур на поверхности раздела ось – бандаж;  $E_o$  и  $E_b$  – средние модули упругости.

Сложение двух составляющих – давления на контактной поверхности  $P_k$  с радиальными термическими напряжениями  $P_{вн}$  может создавать значительные напряжения, превышающие предел прочности материала на поверхности раздела и, следовательно, может привести к образованию трещин с последующим расслоением контактной поверхности ось – бандаж.

Анализ работ [1 – 5] показал, что для наплавленного опорного валка, работающего при нагрузках  $q_x = 10$  кН/мм, максимальные касательные напряжения не превосходят пределов текучести и выносливости исследуемых сплавов. При  $q_x = 18$  кН/мм наибольшие касательные напряжения будут превосходить пределы прочности и выносливости сталей 30ХГСА и 25Х5МФС на глубине до 8 мм. Результаты исследований и опыт эксплуатации наплавленных валков привели к следующим выводам [4, 5, 7 – 9].

1. Работоспособность материала в условиях больших контактных нагрузок зависит от его энергоемкости: чем она больше, тем выше приспособляемость материала к внешним воздействиям при условии, что максимальные касательные напряжения (скалывание) не превосходят пределов текучести и выносливости исследуемого материала.

2. Микродефекты, возникающие в наплавленном металле при эксплуатации валков, могут быть «залечены» в процессе отпуска после определенного цикла на-

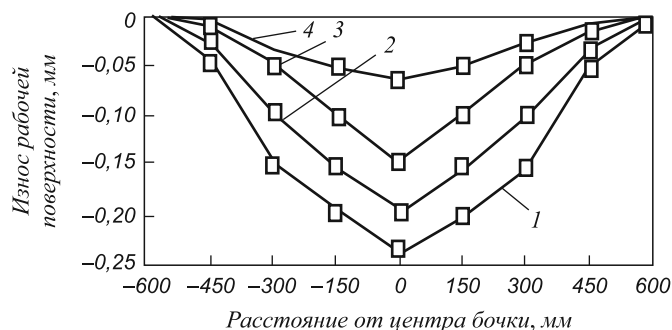


Рис. 1. Профиль износа рабочей поверхности бочки валка прокатного стана:

1 – валки из чугуна с отбеленным слоем, изготовленные по традиционной технологии; 2 и 3 – валки с рабочим слоем из быстрорежущей стали после прокатки 7200 и 5500 т; 4 – бандажированные валки, полученные методом электрошлаковых технологий с использованием композиционных материалов на основе спеченных карбидов титана типа ТН 20

работки, благодаря чему срок службы прокатного вала возрастает в 3 – 5 раз.

Однако до настоящего времени не создано скольконибудь строгой теории, позволяющей на основе данных о параметрах прокатки определить необходимые свойства материала вала. Все большее признание находит тот факт, что свойства вала и свойства материала, из которого он изготовлен, суть разные категории [1 – 5]. Даже такое фундаментальное свойство, как твердость, однозначно не определяет работоспособность вала. Твердость поверхности бочки валков, изготовленных из разных по классу материалов, может быть одинаковой, а долговечность этих валков в идентичных условиях эксплуатации будет существенно различаться. То же самое можно отметить и в отношении других свойств, обычно принимаемых во внимание при выборе материала для прокатных валков. Например, данные об усталостной прочности материала, полученные при испытании стандартных небольших образцов, зачастую оказываются совершенно бесполезными для практики, поскольку не учитывают влияния ни размеров валков, ни концентраторов напряжений, ни окружающей среды, ни объемного напряженного состояния и еще множества других факторов, воздействующих на валок при прокатке. Поэтому изготовители и прокатчики при выборе материала для валков пользуются в основном статистическими данными, накопленными в процессе эксплуатации валков в конкретных условиях [1 – 6].

Проблемами упрочнения валков прокатных станов горячего металла занимались многие специалисты: Б.Е. Патон, Б.И. Медовар, Л.Б. Медовар, Ф.Д. Кашенко, Л.К. Лещинский, С.В. Гулаков и др. Особенности износа и упрочнения валков прокатных станов горячего металла, совершенствование наплавочных материалов и технологии наплавки валков различного профиля рассмотрены в работах [1 – 8].

Для повышения срока службы прокатных валков применяют новые наплавочные материалы на основе сложнолегированных сталей и чугунов. Эффективность применения наплавки валков, в первую очередь, определяется выбором состава наплавленного металла, обеспечивающего необходимые свойства рабочей поверхности: склонность к образованию трещин; износостойкость в диапазоне рабочих температур 400 – 800 °С; стойкость против контактной усталости; стойкость против высокотемпературного абразивного износа. Балльная оценка производства валков различными способами приведена в табл. 2. Оценка производится по показателям (баллам): 1 – наилучший в сравнении с другими процессами; 2 – хороший, показывающий устойчивую технологию и эксплуатацию; 3 – средний, обеспечивающий удовлетворительную технологию; 4 – низкий; 5 – наихудший.

Накопленный к этому времени опыт позволил сформулировать требования к механическим свойствам наплавленного металла для восстановления и упрочнения прокатных валков горячего металла, которые должны обеспечить наработку, близкую к новым кованым валкам:

- предел прочности – 1100 – 1200 МПа;
- ударная вязкость – более 40 Дж/см<sup>2</sup>;
- твердость – 42 HRC и высокую трещиностойкость.

В работе [4] рассмотрены характер и механизм износа наиболее нагруженных валков заготовочных станков с ромбическими и квадратными калибрами. Профиль калибра проверяли до установки в клеть и после демонтажа. Отмечено, что в местах максимального износа литых валков на наплавленной поверхности имеется зона износа в виде насечки. На валках стана 630, наплавленных сталью 3Х2В8, такая зона образуется на 4-е сутки работы стана после прокатки 45 000 т металла. Это приводит к преждевременной замене вал-

Т а б л и ц а 2

**Балльная оценка производства валков различными способами**

Показатель	Оценка, балл, различных технологий					
	ЦБЛ	СРС	Spray	ГИП	ЭШН <sup>1</sup>	ЭШН <sup>2</sup>
Качество валков	5	3 – 4	2	1	3	1 – 2
Распространение технологии	1	2	3 – 5	3 – 5	3 – 4	3 – 4
Распространение валков	1	2	3 – 4	3 – 4	3 – 4	3 – 4
Сложность и стоимость оборудования	2 – 3	2 – 3	4	5	2 – 3	1 – 2
Сложность и себестоимость технологии	2	3	4 – 5	4 – 5	2 – 3	2 – 3
Возможность реставрации изношенных валков	нет	1 – 2	2 – 3	3 – 4	1 – 2	2 – 3
Перспектива на ближайшие 5 – 10 лет	3	1 – 2	5	4	1 – 2	1 – 2

П р и м е ч а н и е. ЦБЛ – центробежное литье; СРС – японский метод наплавки жидким металлом; Spray – англо-американская технология набрызгивания жидкого металла на разогретую ось; ГИП – горячее изостатическое прессование порошков на кованую ось; ЭШН<sup>1</sup> – (ЭШН ЖМ) электрошлаковая наплавка жидким металлом [6]; ЭШН<sup>2</sup> – (ЭШН ЖМ КМ) электрошлаковая наплавка жидким металлом электродом-соленоидом с присадкой твердых частиц для получения композиционных сплавов на основе карбидов титана типа ТН 20 [7, 8 и сноска 1].

ков при удовлетворительном состоянии других участков калибра. Металлографический анализ показал, что микроструктура выступов и впадин сечений, перпендикулярных направлению насечки, идентична и состоит из троостомартенсита и некоторого количества остаточного аустенита. У самой поверхности наблюдается область пластически деформированного металла толщиной 0,1 мм. С помощью микроанализатора «Камека» провели микроскопический анализ химической неоднородности в наплавленном металле до и после эксплуатации. Главными составляющими структуры являются игольчатый троостит, остаточный аустенит и карбиды хрома, вольфрама, ванадия. Легирующие элементы распределены неравномерно, находятся преимущественно в карбидной фазе.

Таким образом, установлено, что в результате многократного нагрева и импульсной пластической деформации поверхностного слоя валка при горячей прокатке происходит перераспределение легирующих элементов между структурными составляющими, что значительно уменьшает химическую неоднородность наплавленного металла. Определить конечную концентрацию  $C$  элемента в любой точке образца можно по выражению [4]

$$C - C_0 \approx \exp(-t / \tau), \quad (2)$$

где  $\tau = l^2 / (\pi^2 D)$  – константа, называемая временем релаксации.

Эта константа имеет размерность времени и если известны параметры  $l$  и  $t$ , то можно вычислить коэффициент диффузии. Например, если  $t = 2,2$  ч,  $T = 500$  °С, то из выражения  $D = D_0 e^{-Q/(RT)}$  можно рассчитать коэффициенты диффузии хрома и вольфрама в феррите при 500 °С, которые составили  $D_{Cr} = 1,96 \cdot 10^{-19}$  и  $D_W = 6,12 \cdot 10^{-18}$  см<sup>2</sup>/с. В случае, если время контактирования точки валка с металлом проката возрастает до  $t = 3\tau$ , то коэффициенты диффузии составят  $D_W = 1,7 \cdot 10^{-10}$  и  $D_{Cr} = 9,5 \cdot 10^{-11}$  см<sup>2</sup>/с. Впервые установлено, по мнению автора работы [3], что пластическая деформация и импульсный нагрев поверхности металла валка приводят к резкому увеличению скорости диффузии и, как следствие, к гомогенизации поверхностного слоя. Карбиды вольфрама и хрома переходят в твердый раствор, а гомогенизированный металл в значительной степени теряет свою износостойкость.

Проведенными Ф.Д. Кашенко исследованиями установлено, что зона насечки на рабочей поверхности валка образуется в сочетании двух видов износа – теплового и абразивного [4]. Вследствие большого удельного давления и высоких температур в зоне контакта разрушаются пленки оксидов и происходит пластическая деформация поверхности валка, приводящая к схватыванию ювенильных поверхностей чистого металла, причем адгезия происходит не по всей поверхности калибра, а на участках валка, где скорость скольжения, изменяясь по дуге захвата,

проходит через нуль, и следовательно, не исключено прилипание. При этом сила схватывания металла настолько велика, что при взаимном скольжении в зоне опережения происходит разрыв внутри одного из тел. При последующих оборотах валка в процессе прокатки участки теплового износа накладываются друг на друга и превращаются в зону, имеющую вид насечки, которая пересекается полосами абразивного износа, вызванного окалиной.

Изучение предложенных и апробированных технологий С.В. Гулаковым и Л.К. Лещинским [5] показывает, что наиболее эффективный способ устранения неравномерного износа – наплавка слоя изменяющейся износостойкости. Для его осуществления необходимо знать характер распределения нагрузок на валок, профиль износа его рабочей поверхности, а также служебные характеристики наплавляемых материалов. Указанным требованиям отвечает конструкция прокатного валка, рабочий слой которого состоит из чередующихся в шахматном порядке участков материалов с различным уровнем твердости, прочности, пластичности, износостойкости.

Существует несколько способов изготовления бандажированных валков: механическая посадка бандажа на ось валка с натягом; заливка жидкого металла оси в форму с установленным бандажом; ЭШЛ (электрошлаковое литье) выплавки металла оси валка с установленным бандажом (рис. 2). Недостатками приведенных технологий являются: нарушение сплошности сопряженной поверхности ось–бандаж; провертывание бандажа вокруг оси и осевое смещение; чрезмерное проплавление внутренней стенки бандажа при электрошлаковом процессе (ЭШЛ) заполнения осевого пространства.

В отличие от центробежной отливки с сердцевинной из высокопрочного чугуна разработанные в последние годы способы производства композитных валков предусматривают, как правило, использование в качестве стержня стальной поковки, на которую посредством наплавки, напыления или горячего изостатического прессования наносят поверхностный слой. Наибольшее распространение при производстве валков с поверхностным слоем из быстрорежущей стали получила наплавка жидким присадочным металлом с использованием индукционного нагрева – *CPC* (Continuous pouring cladding). Все большее применение находит также электрошлаковая наплавка с использованием жидкого (рис. 2, а) и кускового присадочного металла [6].

Применение дорогого процесса *CPC* связано исключительно с наплавкой быстрорежущей стали, тогда как ЭШЛ может быть экономически целесообразным и при использовании более дешевых наплавочных материалов. Популярность ЭШЛ связана с получением гораздо более мелкодисперсной структуры матрицы и карбидной фазы, чем при центробежном литье. Высокие скорости кристаллизации металла и возможность залив-

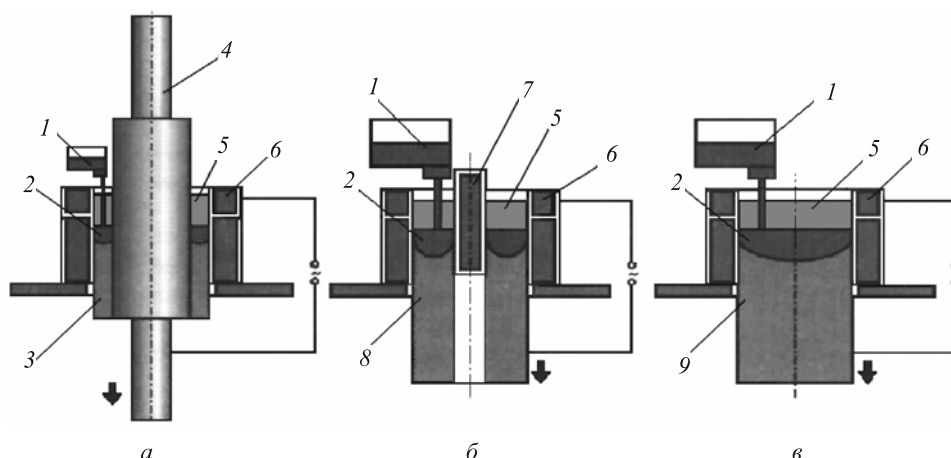


Рис. 2. Электрошлаковое литье (ЭШЛ ЖМ) при наплавке прокатных валков (а), выплавке полых слитков (б), получения слитков сплошного сечения (в):

1 – устройство для заливки жидкого присадочного металла; 2 – металлическая ванна; 3 – наплавленный слой; 4 – прокатный валок; 5 – шлаковая ванна; 6 – токоподводящий водоохлаждаемый кристаллизатор; 7 – дорн для формирования внутренней полости слитка; 8 – полый слиток; 9 – слиток сплошного сечения

ки присадочного металла при температуре, близкой к ликвидусу, обеспечивают благоприятную морфологию высоколегированных карбидов и их равномерное распределение в матрице. В свою очередь, такая структура металла обеспечивает сверхвысокие эксплуатационные свойства прокатных валков, с лихвой оправдывающие затраты на их производство.

Критерием эффективности упрочнения и восстановления прокатных валков методами наплавки высоколегированных материалов и последующих переточек, механической и термической обработок служит уравнение

$$C_{п.и} < N_{н.в} \left( \frac{h}{n_{ц.б.н}} - \frac{1}{n_{ц.н}} \right) - (N_o - hN_{пр}), \quad (3)$$

где  $C_{п.и}$  – предельные издержки на наплавку и обработку валка;  $N_{н.в}$  – стоимость наплавленного валка с вычетом стоимости металлолома;  $h$  – относительная продолжительность эксплуатации валка;  $n_{ц.б.н}$  – число циклов эксплуатации и переточки валка без наплавки;  $n_{ц.н}$  – число циклов эксплуатации и восстановления валка с наплавкой;  $N_o$  – затраты на обработку валка с учетом потерь на простои стана;  $N_{пр}$  – потери прибыли, вызванные простоем стана (недопроизводство).

Особо показательным критерием эффективности следует считать расходы по упрочнению и восстановлению на 1 т прокатанного металла. Показано, что наплавка неэффективна, если она повышает износостойкость всего лишь не более 2-х раз вследствие увеличения затрат на дорогостоящие легирующие наплавочные материалы, особенно такими элементами, как W, Mo, V, Nb, которые рекомендуют в качестве легирующих практически все разработчики наплавочных материалов.

Действующие мировые мощности по производству всех типов валков можно оценить от 800 тыс. до 1 млн. т

валков в год. При этом только в России (Магнитогорск, Новолипецк, Череповец, металлургические комбинаты Урала, Новокузнецка и пр.) эти мощности составляют 120 – 180 тыс. т в год, на Украине – до 140 – 150 тыс. т в год (Лутугино, Краматорск, Днепропетровск). Средняя мощность производства валковой фирмы на Западе – примерно 20 – 30 тыс. т валков в год. Существуют и гиганты вроде межнациональной фирмы AKERS (Швеция, Бельгия Франция, США, Германия), имеющей суммарные мощности более 100 тыс. т валков всех типов [6].

Основная тенденция на мировом рынке валков – сокращение числа фирм, производящих валки, из-за повышения качества валков и укрупнения фирм по образцу AKERS или WHEMCO (США). Имеется достаточно много специальной литературы по современному производству прокатных валков. Из последних публикаций наибольшей полнотой отличаются сборники трудов конференций под названиями «Валки 2000» и «Валки 2000+», проведенных в 1996 – 2000 г. в Англии, США и Канаде [6]. К сожалению, современной обобщающей литературы по этой проблеме нет. И надо думать, что в силу некоторых обстоятельств (коммерческие тайны) не следует ожидать появления такой книги, как «Литые прокатные валки» [3], по которой практически можно воспроизвести технологию.

**Выводы.** Применение новых способов ЭШЛ получения сверхизносостойких безвольфрамовых композиционных материалов на основе спеченных твердых сплавов типа ТН 20, содержащих 70 % карбидов титана, для армирования бандажированных валков прокатных станов горячего металла [9] приводит к экономии легирующих элементов, особенно дефицитного и дорогостоящего карбида вольфрама. Кроме того, применение ЭШЛ, сочетающего электрошлаковый процесс с заливкой жидкого металла, приводит к экономии

электроэнергии примерно в 14 раз. Повышение износостойкости валков приведет к увеличению производительности прокатного стана на 1,5 – 2,5 % за счет роста межремонтного периода и сокращения времени простоя стана. Снижение себестоимости проката образуется за счет экономии условно-постоянной части затрат расходов по переделу в результате роста производительности и увеличения выхода годного.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Скороходов В.Н., Чернов П.П. // *Сталь*. 2001. № 8. С. 8 – 13.
2. Синнаве М., Гостев К.И. // *Сталь*. 2001. № 8. С. 2 – 8.
3. Будагьянц Н.А., Карский В.Е. *Литые прокатные валки*. – М.: Металлургия, 1983. – 540 с.
4. Кашенко Ф.Д., Фрумин И.И. – В кн.: *Современные способы наплавки*. – Киев: ИЭС им. Е.О. Патона, 1982. С. 24 – 29.
5. Лещинский Л.К., Гулаков С.В. и др. – В кн.: *Наплавка. Опыт и эффективность применения*. – Киев: ИЭС им. Е.О. Патона, 1985. С. 17 – 20.
6. Медовар Л.Б., Цыкуленко А.К., Шевченко В.Е. // *Проблемы СЭМ*. 2001. № 1. С. 38 – 48.
7. Быстров В.А., Верёвкин В.И., Селянин И.Ф. // *Изв. вуз. Черная металлургия*. 2001. № 8. С. 64 – 66.
8. Быстров В.А., Верёвкин В.И., Селянин И.Ф. // *Вестник горно-металлургической секции РАЕН. Отделение металлургии*. 2005. Вып. 14. С. 129 – 140.
9. Быстров В.А., Верёвкин В.И. – В кн.: *Сб. научн. трудов КемГУ. Вып. 5*. – Кемерово: изд. КемГУ, 2010. С. 343 – 348.

© 2014 г. В.А. Быстров, П.К. Дьяков, А.Г. Уманец

Поступила 7 июня 2013 г.

#### OPERATING CONDITIONS AND WEAR OF HOT METAL MILL ROLLS

*V.A. Bystrov, Dr. Eng., Professor*

*P.K. Dyakov, Postgraduate*

*A.G. Umanets, Postgraduate*

**Siberian State Industrial University (Novokuznetsk, Kemerovo region, Russia)**

*E-MAIL: bistrov39@yandex.ru*

**Abstract.** Service conditions and a high-temperature abrasive wear of rolls are observed. Principal causes of roll wear are thermal, oxidative, frictional and abrasive ones, and also thermal cracks are formed on a roll surface as a result of cyclic heating and cooling during operating process. Durability increase measures of mill rolls are shown in the paper.

**Keywords:** mill roll, high-temperature abrasive wear, bimetal mill rolls, electroslag built-up welding.

#### REFERENCES

1. Skorokhodov V.N., Chernov P.P. *Stal'*. 2001. № 8. Pp. 8 – 13.
2. Sinnave M., Gostev K.I. *Stal'*. 2001. № 8. Pp. 2 – 8.
3. Budag'yants N.A., Karsskiy V.E. *Litie prokatnie valki (Cast rolls)*. Moscow: Metallurgiya, 1983. 540 p.
4. Kashchenko F.D., Frumin I.I. *Sovremennye sposobi naplavki (Modern methods of welding)*. Kiev: IES im. E.O. Patona, 1982. Pp. 24 – 29.
5. Leshchinskiy L.K., Gulakov S.V. etc. *Naplavka. Opit i effektivnost' primeneniya (Built-up welding. Experience and efficiency of application)*. Kiev: IES im. E.O. Patona, 1985. Pp. 17 – 20.
6. Medovar L.B., Tsikulenko A.K., Shevchenko V.E. *Problemi SEM*. 2001. № 1. Pp. 38 – 48.
7. Bystrov V.A., Veryovkin V.I., Selyanin I.F. *Izv. vuz. Chernaya metallurgiya*. 2001. № 8. Pp. 64 – 66.
8. Bystrov V.A., Veryovkin V.I., Selyanin I.F. *Vestnik gorno-metallurgicheskoy Sektsii RAEN. Otdelenie metallurgii*. 2005. Issue 14. Pp. 129 – 140.
9. Bystrov V.A., Veryovkin V.I. *Sb. nauchn. trudov KemGU. Vip. 5 (Collected scientific works of KemSU. Issue 5.)*. Kemerovo: izd. KemGU, 2010. Pp. 343 – 348.

Received July 7, 2013