

УДК 621.771.07.004.15:669.13

## ПРОГРЕССИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ ВАЛКОВ ИЗ ХРОМОНИКЕЛЕВОГО ЧУГУНА

**Автухов А.К. к.т.н., доцент**

*(Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства  
имени Петра Василенко)*

*Проанализированы эффективные научно-прикладные решения повышения эксплуатационной стойкости валков из хромоникелевого чугуна, базирующиеся на теоретических и экспериментальных исследованиях. Показано, что научно обоснованный выбор химического состава, технологии производства, рациональных способов эксплуатации и ремонта валков обеспечивают увеличения их наработки.*

**Введение (Постановка проблемы).** Условия работы валков из хромоникелевого чугуна характеризуются сочетанием циклических воздействий температуры и высоких удельных давлений. Непрерывная интенсификация процессов прокатного производства создает все более напряженные условия эксплуатации валков, предъявляя повышенные требования к их качеству и стойкости. Наиболее эффективными направлениями повышения стойкости валков являются научно обоснованный оптимальный выбор химического состава и технологии их производства, а также применение рациональных способов эксплуатации и ремонта.

### **Анализ исследований и публикаций.**

На протяжении последних лет хромоникелевый чугун нашел широкое применение для рабочего слоя – листопрокатных валков как стационарной, так и центробежной отливки [1,2], а также изготовления шаропрокатных и сортопрокатных валков, в том числе, с литыми ручьями [3,4].

Валки исполнения ЛПХНМд находят широкое применение в клетях непрерывных и полунепрерывных широкополосных, средне - и толстолистовых, а также – дрессировочных [5,6].

Для чистовых клетей среднесортных и крупносортных станов применяют валки исполнения СПХН-49, а предчистовых – СПХНМ-45. В особо тяжелых условиях используют валки СПХНМ, легированные молибденом. Мелкосортные хромоникелевые валки, легированные молибденом, изготавливают двух исполнений – СПХНМ-58 с твердостью 66-76HS и СПХНМ-58 с твердостью 58-65HS [7].

Валки шаропрокатных станов изготавливают из легированного хромоникелевого чугуна исполнения СШХНМ-46 [3].

Для обеспечения возможности сохранения в течение всего срока службы

експлуатаційних показателів валків із хромонікелевих чугунів при їх виробництві більше уваги приділяють оптимізації хімічного складу, використанню ефективних модифікаторів расплавів, технологічних параметрів виробництва, починаючи з підбору шихтових матеріалів, параметрів плавки металу, підготовки форми і вибору способів лиття [8].

**Цілью** даної роботи є узагальнення виконаних автором розробок по збільшенню експлуатаційної стійкості валків із хромонікелевого чугуна.

**Результати досліджень.** Для розробки заходів, спрямованих на підвищення ресурсу валків були визначені основні причини відмов валків при експлуатації.

Дослідженнями було встановлено, що основними причинами порушення працездатності валків є: знос робочої поверхні, руйнування бочки, шеек і тріфів, викрашування і відшарування робочої поверхні.

Відмови бочок, шеек і тріфів виникають внаслідок крихких або втоми руйнувань. Крихкі – результат високих внутрішніх або зовнішніх (робочих) напружень; втоми руйнування виникає через циклічні навантаження.

Крихке руйнування валків часто відбувається в початковий період експлуатації. Бувають випадки руйнування валків і до встановлення їх в кліть через великі залишкові напруження після порушення технологічного регламенту термообробки.

В кліть валки руйнуються при порушенні режиму експлуатації або недостатнього і невідповідного вимогам їх охолодження в кліть.

Руйнування втоми характеру виникає також і при недостатньому якості серцевинних шарів металу, наявності ликвації і інших дефектів, що призводять до зниження механічних властивостей.

Руйнування бочки робочих валків спостерігається в продольному або поперечному напрямку при явно вираженому втоми руйнуванні або з грубокристалічним зломом поверхні.

Поломка шеек і тріфів відбувається при циклічних перевантаженнях валків, а також – недостатніх міцнісних властивостей їх матеріалу або в зв'язі з виходом із строю підшипників.

До інших дефектів валків можна віднести «плямисту твердість», навары і вигиби шеек.

«Плямиста твердість» - прискорена виробництво окремих ділянок валка.

Навары - адгезійне схватывание робочої поверхні валка з прокатуванним металом і наступним руйнуванням або по металу валка, або по раскату. Навары виникають в очагах деформації при високих значеннях удільних тисків, температури прокатуваного металу і швидкості ковзання в окремих місцях контакту.

Забезпечення відмов валків в період експлуатації визначаються двома основними причинами: їх незадовільним якістю і

нарушениями условий эксплуатации.

Неудовлетворительное качество литых валков из чугунов, прежде всего, связано с отклонениями химического состава, повышенным содержанием вредных примесей, засорением расплавов компонентами, не оговоренными нормативно-технической документацией, неэффективным модифицированием, нарушением температурных режимов плавки и заливки, некачественной подготовкой литейной формы, несоблюдением технологических регламентов охлаждения валков в форме и параметров их термообработки, недостаточной глубиной рабочего слоя и формированием в нем дефектов, неоднородностью структуры металла.

К числу эксплуатационных факторов относятся: неэффективное использование различных конструктивных типов и исполнений валков, что снижает их долговечность, из-за чрезмерных и неравномерных нагрузок, приводящих к снижению норм наработки в межремонтные периоды и др. [9].

Так, в результате исследования эксплуатационной надежности рабочих валков стана 2000 установлено, что коэффициент списания по износу рабочих валков диаметром 800мм составляет для ЛПХНд-71 – 0,49, ЛПХНд -74 – 0,78, ЛПХНд-63 – 0,52 и ЛПХНд-63 диаметром 900 мм – 0,67.

Существуют и другие причины списания валков, а именно: прижог и отслоения подшипника - 16,5% и 24%, разрушения 17,8% и 4% соответственно для валков ЛПХНд-71 и ЛПХНд-63; выкрошки и отслоения рабочей поверхности 5.2%-ЛПХНд-71, 22%-ЛПХНд-74, 20%-ЛПХНд-63 [10].

Выкрошки и отслоения рабочей поверхности валков возникают вследствие порообразования и трещин на рабочей поверхности [9].

В результате обобщения исследований о процессах, происходящих на рабочей поверхности валков в процессе эксплуатации было установлено, что образование трещин может быть вызвано интенсивностью развития процессов графитизации и окисления на границах цементитных кристаллов в период эксплуатации валков. Наличие окислов и графита, значительно отличающихся коэффициентами термического расширения от металлической матрицы, при многократных теплосменах в области температур ниже  $A_{c1}$  приводят к увеличению объема, причем в несколько раз большему, чем при изотермическом отжиге.

Однако следует отметить, что графитизация и окисление – хоть и влияют на формоизменение, однако, не всегда являются определяющими причинами разрушения рабочего слоя валков.

Образование трещин может быть связано с  $\alpha \leftrightarrow \gamma$  превращениями, наличием фаз с отличающимися коэффициентами термического расширения, напряжениями и деформациями, обусловленными градиентом температур. Наличие  $\alpha \leftrightarrow \gamma$  превращений на рабочей поверхности прокатных валков связано не только с работой в условиях циклического изменения температур, а, главным образом, с действием больших удельных давлений. Кроме того, фазовые переходы облегчаются развитием областей локальных деформаций.

При моделировании процесса износа валков с помощью метода вакуумного травления [8], удалось наблюдать в результате циклической обработке хромоникелевых сплавов при  $t_2=750-800^\circ\text{C}$  и кратковременных выдержках (после 16–20 циклов) появление складчатого аустенитного рельефа у концентраторов напряжений – графитовых включений [11].

Порообразование также является причиной нарушения работоспособности прокатных валков. Формирование пор возможно в результате гетеродиффузии, а также растворения и выделения графита при циклическом нагреве. При гетеродиффузии, вызываемой, чаще всего, неоднородной деформацией, поры образуются как в результате Котрелловского взаимодействия, так и по вакансионному механизму. Это происходит за счет деформации, в результате напряжений I и II рода. Пory возникают на границе раздела фаз матрица – включение или появляются по границам зерен. Порообразование от растворения графита отмечается в случае, когда атомы углерода переходят в твердый раствор и диффундируют в нем быстрее, чем залечиваются места, ранее занятые графитом. Согласно теории порообразования, формоизменение определяется структурными превращениями и интенсивностью диффузионных процессов [11].

Требуемая эксплуатационная стойкость валков из хромоникелевого чугуна может быть обеспечена за счет стабильного качества рабочего слоя с мелким зерном, что особенно важно для формирования карбидной фазы, поскольку доля ее, с одной стороны, определяет уровень твердости, а с другой – склонность к выкрашиванию рабочей поверхности при эксплуатации.

Были проведены исследования по изучению особенностей формирования карбидной фазы рабочего слоя центробежных валков из хромоникелевого чугуна, в том числе, ее тонкой структуры. В процессе проведения исследований оценивали структуру металла, распределение химических компонентов и микротвердость фаз, а также дислокационную структуру карбидной фазы до и после эксплуатации. Анализировали пробы металла, отобранные от верхней и нижней части бочки(кольца) рабочего слоя вала следующего химического состава, %: 2,98C, 0,86Si, 0,63Mn, 0,072P, 0,044S, 1,73Cr, 4,37Ni, 0,28Mo, и 0,053B.

Микроструктуру оценивали металлографически, а также использовали микрорентгеноспектральный анализ для электрономикроскопических исследований и локальной оценки распределения химических элементов. Микротвердость оценивали на приборе ПМТ-3.

В результате выполненных комплексных исследований было установлено, что даже при центробежной отливке валков имеет место нестабильная технология их производства, проявляющаяся в отклонениях по структуре и твердости, по длине и периметру их рабочего слоя, а также неоднородность карбидной фазы с формированием упорядоченной дислокационной структуры, которые являются определяющими в развитии сетки разгара и повреждаемости рабочего слоя.

Уменьшить склонность к развитию этих дефектов возможно дополнительной оптимизацией химического состава, определением эффективной доли вводимых модификаторов различных типов, совершенствованием технологических параметров производства и ремонта валков.

При производстве валков из хромоникелевого чугуна для рабочего слоя с гладкой бочкой для повышения их наработки и снижения склонности к скалыванию краев бочки металл рабочего слоя легируют хромом, никелем, молибденом при комплексном модифицировании ниобием, алюминием, ванадием и бором при следующем соотношении компонентов, мас. %: 2,8-3,3 С; 0,8-1,0 Si; 0,5-0,7 Mn; 4,0-4,5 Ni; 1,5-1,8 Cr; 0,2-0,5 Mo; 0,02-0,15 Al; 0,01-0,2 Nd; 0,1-0,2 V; 0,01-0,02 В; Fe – остальное.

При этом соотношение никеля к хрому должно составлять 2,2-3,0, а доля модифицирующих добавок - 0,15-0,6%. Такое соотношение никеля, хрома и модифицирующих добавок обеспечивает в рабочем слое валков формирование мелкого зерна, равномерное распределение мелких, компактных включений графита и снижает склонность к скалыванию краев бочки.

Добавка молибдена в количестве 0,2 -0,5%, растворяясь в карбидной фазе стабилизирует ее при эксплуатации, уменьшая склонность к повреждаемости.

При доле молибдена менее 0,2% этот компонент растворяется в карбидной фазе не равномерно, а более 0,5% - образует специальные карбиды, снижая долю графита.

Предложенный состав чугуна [12] для рабочего слоя листопрокатных валков с гладкой бочкой обеспечивает стабильную работу торцов бочек, повышение наработки за период эксплуатации на 7%.

Для определения эффективной доли вводимых модификаторов нового поколения Superseed® 75 и Reseed® на структуру и свойства металла центробежнолитых листопрокатных валков оценивали их влияние на формирование как графита, так и высокоуглеродистой фазы - цементита.

Исследовали влияние модификаторов Superseed® 75 (Sp) и Reseed® (Rd) на структуру рабочего слоя валков из хромоникелевого чугуна исполнений ЛПХНМд-71 и ЛПХНМд-73. Обработку основного металла в объеме от 2,1 до 2,5 т, предназначенного для рабочего слоя проводили в ковше суммарной массой Superseed® 75 (Sp) и Reseed® (Rd) от 1 до 5 кг.

В качестве основного показателя влияния суммарного содержания Superseed® 75 (Sp) и Reseed® (Rd) на структуру рабочего слоя валков использовали коэффициент К, представляющий собой отношение количества введенного модификатора к обработанной массе металла и времени выдержки металла рабочего слоя в ковше [13]:

$$K = \frac{M_{\text{мод}}/M_{\text{мет}}}{\tau}$$

где:  $M_{\text{мод}}$  - масса модификатора, кг;

$M_{\text{мет}}$  – масса обработанного металла, т;

$\tau$  - время выдержки металла рабочего слоя в ковше перед заливкой, ч.

Проведенные исследования выявили, что показатель  $K$  в анализируемых плавках существенно отличается и находится в пределах от 4,2 до 21,6.

Для проведения анализа влияния показателя  $K$  на структуру чугуна все исследуемые пробы от валков были разбиты на три группы.

В первую группу вошли валки со значениями  $K$  от 4,2 до 6,6 во вторую - с  $K = 8,7 \dots 13,3$  и в третью -  $K = 14,5 \dots 21,6$

Проведенные исследования дают возможность сделать заключение о том, что увеличение доли модификатора от 1 до 5 кг, вводимого в металл рабочего слоя способствует повышению количества графита в структуре чугуна и некоторому уменьшению доли цементита

Качество рабочего слоя исследуемых валков, оценивали по коэрцитивной силе. Анализ этой характеристики показал, что у валков с коэффициентом  $K$  от 4,2 до 6,6 она составляет - 31,9-36,2 А/см, с коэффициентом  $K$  от 8,7 до 13,3 – 26,0 - 27,9 А/см, а у валков с оптимальным коэффициентом  $K$  от 14,5 до 21,6 – 21,0-23,6 А/см. Наблюдаемое является результатом более полного снятия напряжений и распада остаточного аустенита.

Для возможности совершенствования технологических параметров отливки двухслойных валков из модифицированного чугуна на их эксплуатационные характеристики оценивали также твердость и структуру металла.

Статистическими исследованиями установлено [7], что коэрцитивная сила определяет структуру и напряжения в отливке, и поэтому целесообразно использовать эту характеристику при неразрушающем контроле для оценки качества валков при их производстве. Определение твердости является сдаточной характеристикой при производстве валков.

Поэтому важно установить влияния технологических параметров производства двухслойных валков исполнений ЛПХНМд-71 и ЛПХНМд-73 на твердость и коэрцитивную силу, чтобы прогнозировать их качество.

Были проанализированы технологические параметры плавки 19 валков исполнения ЛПХНМд.

Металлические формы перед заливкой нагревали до различных температур (от 130°C до 220°C). Толщина намазки кокилей была близкой и находилась в пределах 3,1-4,4 мм.

Температура основной порции заливаемого металла (рабочий слой) находилась в пределах 1380 -1425°C, а ее масса, в основном, составляла 2,1-2,5т.

При отливке валков несколько изменялось время и обороты заливки, а также выдержки порций металла. Обработку основного металла производили

теллуrom (Te), Superseed® 75( Sp) и Reseed® Inoculant (Rd). Количество использованного теллура только при плавке одного из валков составляло 20г, а в остальных - было одинаковым – 15г. Количество модификаторов новых поколений Superseed® 75( Sp) и Reseed® Inoculant (Rd)изменяли от 1 до 5 кг.

Влияние этих модифицирующих добавок увеличивает склонность чугуна к графитизации, поэтому для снижения такого эффекта использовали введение теллура.

Статистическую обработку результатов наблюдений проводили методом построения уравнений регрессии. При построении уравнений учитывали параметры отливки основной порции металла и первой – проливки. Параметры второй и третьей порций проливки не учитывали, так как они, в основном, влияют только на структурообразование сердцевины бочки валка [14].

Анализ полученных уравнений регрессии показал, что число оборотов кокиля при заливке основной порции металла, а также заливке и выдержке первой порции металла сердцевины практически не оказывают влияния на уровень твердости и величину коэрцитивной силы рабочего слоя валков.

Увеличение таких параметров как: температура кокиля, температура основной порции металла, масса основной порции металла, время выдержки основной порции металла и количество вводимых модификаторов Superseed® 75( Sp) и Reseed® Inoculant (Rd) (в оптимальном количестве), используемых при обработке металла, способствуют снижению коэрцитивной силы.

Увеличение числа оборотов кокиля при выдержке основной порции металла с 460 до 480 незначительно снижают коэрцитивную силу и увеличивает твердость рабочего слоя валков. Следует отметить, что наиболее весомый вклад в дробление графита, формируемого в рабочем слое, вносит доля введенного модификатора.

Были проведены исследование влияния вакуумирования и продувки азотом жидкого металла на качество прокатных валков

Вакуумирование жидкого чугуна для валков из хромоникелевого чугуна исполнений ЛПХНд-72 и СПХН-48 проводили в ковшах емкостью 10 и 30 т. в условиях ЛНПВК.

Температура металла в ковше после счистки шлака составляла 1450-1490°C.

Первые 3-5 мин. обработку проводили при помощи двух параллельно работающих вакуумных насосов РМК-4, после чего при достижении разрежения 650-680 мм.рт.ст. включали дополнительно соединенные последовательно два вакуумных насоса РВН-75 и РВН-30.

Анализ величины падения температуры металла при вакуумировании показал, что при частичном покрытии шлаком поверхности металла температура чугуна для двухслойных хромоникелевых валков составляла 4,5-5°C. При полной очистке металла от шлака скорость падения температуры металла не превышала 7-9°C.

Заливку форм производили, согласно действующей технологической

інструкції.

За період проведення роботи було розлите 38 плавок (1080 т.) вакуумированного чугуна в том числі для сортових валков - 650т для листових - 430 т [15].

Аналіз результатів вмісту газів в чугунах до і після вакуумирования показало наступне:

- вміст водороду в вакуумированном чугуне, як правило, нижче, ніж воно було до обробки на 20-60 %. Однак, в деяких плавках вміст водороду в вакуумированном чугуне, кілька вище ніж в початковому. Це, по-видимому, може бути пов'язано з тим, що в досліджуваних зразках мало місце формування внутрішніх газових раковин;

- вміст кисню в вакуумированном чугуне в основному так же нижче, ніж в початковому на 10-30%. Одночасно в окремих валках вміст кисню залишався без змін, а в деяких його частка була кілька вище після вакуумирования. Підвищений вміст кисню в деяких пробах вакуумированного чугунка, по-видимому, стало результатом нестабільності глибини відбору проб металу з ковша. Як встановлено, шари металу в ковше, безпосередньо прилегальні до шлакового покриву, найбільш багаті окислами;

- вміст азоту в чугуне також зменшується на 10-25 %, за винятком окремих плавок. Причина, по-видимому, та ж, що і для плавок з підвищеним вмістом кисню після вакуумирования.

По отриманим експериментальним даним не вдалося встановити залежність вмісту газів в чугуне від ступеня розряження в вакуум-камері і тривалості вакуумирования. Для встановлення цієї залежності необхідно продовжити роботи по вакуумированию чугуна і накопленню статистических даних.

Аналіз вмісту неметаліческих включень в чугуне показує, що в частині зразків з вакуумированного чугуна вміст оксидних включень, ніж без його обробки.

Механіческіє властивості чугуна випробуваних валков СПХН-48 з вакуумированного чугуна були вище ніж у початкових зразків.

Межа міцності при розриві після вакуумирования підвищилася, в середньому, на 10 %, межа міцності при вигині – на 6,0 %, зносостійкість на – 10 %.

При дослідженні структури і механіческіє властивості всі валки типу СПХН-48 були розбиті на три групи:

-валки з вакуумированного чугуна з діаметром бочки 640-850 мм.

-валки з вакуумированного чугуна з діаметром бочки 320-400 мм.

-валки з чугуна, не піддавшогося вакуумированию аналогічних типорозмірів.

Мікроструктура досліджуваних валков по групах відрізнялася суттєво.



В валках первой группы содержание графита у поверхности бочки составляло 4-10 %, а - второй группы не превышало 1,3 %. Наблюдаемое связано с различной скоростью кристаллизации отливок.

Несмотря на то, что технологические параметры плавки вакуумированного чугуна имели некоторые колебания по температуре металла до и после обработки, времени вакуумирования не удалось выявить закономерностей в распределении структурных составляющих и изменении уровня механических свойств в зависимости от этих факторов.

Размер графитовых включений, главным образом, определялся диаметром валков.

На основании исследований микроструктуры валков типа СПХН-48 не было выявлено существенной разницы в количестве и распределении составляющих вакуумированного и не вакуумированного чугуна. Сопоставления результатов механических свойств, твердости, износостойкости валков первой и третьей групп выявили тенденцию в повышении этих характеристик у вакуумированного чугуна.

Валки второй группы характеризовались высоким уровнем твердости (427-440 НВ). Наблюдаемая тенденция в повышении механических свойств, вероятно, определяется уменьшением содержания газов и неметаллических включений в вакуумированном чугуне.

Валки из вакуумированного чугуна проходили производственные испытания на предчистовых и чистовых клетях сортовых и листовых станах различных металлургических заводов. Результаты испытаний показали, что стойкость валков из вакуумированного чугуна, в среднем, выше на 10-15 % по сравнению с рядовой поставкой [15].

Улучшение качества металла, используемого для изготовления прокатных валков, достигается различными методами, в том числе, и продувкой газами.

Влияние продувки инертными газами на состав металла, в некоторой мере, аналогично обработке в вакууме. При продувке инертными газами массу металла пронизывают тысячи пузырей инертного газа, каждый из которых служит своеобразной маленькой вакуумной камерой. При продувке инертным газом происходит интенсивное перемешивание металла, усреднение его состава. В связи с тем, что отсутствует информация о внепечной обработке жидкого хромоникелевого чугуна для рабочего слоя двухслойных валков были проведены исследования по влиянию продувки азотом в ковше на формирование структуры металла рабочего слоя валков исполнения ЛПХНМд с использованием центробежного метода литья.

Анализировали влияние шлейфовой продувки азотом на структуру рабочего слоя валков размером  $\text{Ø}820 \times 2300$  мм следующего химического состава, %: 2,88-2,97C, 0,91-1,03 Si, 0,55-0,60 Mn, 0,08-0,09 S, 1,51-1,56 Cr, 4,28-4,30 Ni, 0,26-0,33 Mo, 0,17-0,19 V, 0,17-0,21 W.

В процессе отливки контролировали температуру металла в ковше, после выпуска из печи, а также в ковше перед продувкой и перед заливкой его в

металлическую форму, параметры обработки расплавленного металла азотом.

Исследования проводили на примере производства валков исполнения ЛПХНМд-71.

Температура основной порции заливаемого металла (рабочий слой) находилась в пределах 1415-1420°C, а ее масса была близкой и составляла 3,7-3,94 т.

При отливке рабочего слоя валков центробежным методом обороты машины были постоянными, несколько изменялось время заливки, а также выдержки отдельных порций металла сердцевины.

Обработку основного металла производили теллуrom (Te), и модификаторами Reseed® (Rd) и Superseed® 75( Sp). Количество использованного теллура составляло 20г/т, а количество Reseed® (Rd) и Superseed® 75( Sp)- 4 кг/т.

Исследование качества отливок и свойств металла показало, что на всех опытных валках, как при визуальном осмотре отливок, так и при механической обработке пористости и газовых раковин не наблюдалось.

Анализ содержания неметаллических включений в рабочем слое верха бочки валка до и после обработки азотом показал, что после продувки количество неметаллических включений существенно уменьшается.

Сопоставление распределения твердости рабочего слоя в опытных валках и – текущего производства показало, что продувка азотом приводит к ее некоторому повышению (на 2-3 ед. HS).

На первом этапе микроструктуру чугуна изучали на образцах от технологических проб до и после продувки азотом.

Сопоставление проб показало, что в металле без обработки газом в ковше доля графита несколько большая, чем при использовании продувки. В первом случае включения тонкие пластинчатые, а во втором - их существенно меньше и они имеют вид компактных включений.

При большом увеличении было видно, что в пробе матрица, в основном, представлена перлитом с небольшой долей мартенситных игл. Количество последних возрастает в образце после обработки азотом. Кроме того, в обработанном образце карбидная фаза представлена не только цементитом, но и ледебуритом.

На втором этапе сопоставительно провели исследования литых проб, и, отобранных непосредственно от валков.

Анализ проб от валков, обработанных после продувки чугуна подтвердил, в основном, структуру, выявленную на литых пробах. Вместе с тем, установлено, что доля остаточного аустенита после термообработки больше в валках до ее проведения. При продувке доля остаточного аустенита минимальна и кроме того формируются более тонкие иглы мартенсита. Термообработка (отжиг -500°C) приводит к распаду остаточного аустенита с образованием бейнитной составляющей.

Промышленные испытания валков показали, что наработка опытных

валков, изготовленных из металла с рабочим слоем продувкой в ковше азотом составляла, в среднем, 209587т, а наработка валков текущего производства – 208338т. Эксплуатационная стойкость опытных валков на 7,7% выше текущего производства [16].

Одним из признанных путей сокращения расхода валков и продления их стойкости является разработка новых подходов к комплектации их в пары перед установкой в клеть [17].

В настоящее время подбор валков в комплект осуществляют исходя из двух показателей: близкого диаметра после переточки и по уровню твердости [7].

Во время проведения исследований были проанализированы хромоникелевые валки исполнений ЛПХНМд-71 размером 675×1760 листовых станов 1700 и 800×2000 – стана 2000. Химический состав исследованных валков соответствовал техническим условиям на их изготовление (ТУ У27.1-26524137-1291-2007).

Анализ эксплуатационной стойкости валков показал, что средний объем проката на 1мм съема рабочего слоя валков стана 1700 составляет ≈1850т, а стана 2000 ≈4694 т [1,10].

Конечный диаметр при списании валков, используемых в одном комплекте стана 1700, отличается на 1,5-2,5мм, а стана 2000 –1,73-3.98. Это свидетельствует о том, что некоторые валки из комплекта списываются при наличии не использованного рабочего слоя одного из них. При этом диаметр валка или уровень его твердости не являются определяющими.

Учитывая, это можно заключить: остаточный ресурс отдельных валков после списания искусственно снижен: стан 1700 на 4255-4902,5т, стан 2000 – 8120,62-18682,12т. Что составляет для валков соответствующих станов 5-6% и 5,34-12,39% общей наработки.

Из проведенного анализа видно, что для увеличения эксплуатационной стойкости валков целесообразно клетки комплектовать валками с одинаковой наработкой рабочего слоя. Это позволит обеспечить максимальное использование рабочего слоя.

Проведены дополнительные исследования по изучению возможности прогнозирования наработки валков. Анализировали шесть комплектов валков. При подборе валков в комплект учитывали диаметр бочки, твердость и показатели коэрцитивной силы рабочего слоя.

Во всех комплектах диаметры валков были близкими по геометрическим размерам. Первый и четвертый комплекты были подобраны с одинаковыми показателями твердости и различным уровнем коэрцитивной силы, а второй, третий, пятый и шестой – с одинаковым уровнем коэрцитивной силы и близким или отличающимися показателями твердости.

Значения показаний твердости и коэрцитивной силы определяли перед термообработкой, после нее, перед перешлифовкой и – после.

Анализ эксплуатационной стойкости показал, что валки подобранные в

комплекты с близкими начальными диаметрами, твердостью, но различной величиной коэрцитивной силы (комплекты 1 и 4) были списаны с существенно отличающимися конечными диаметрами. У валков стана 1700 разница между списанными валками составляла 4,1мм, у валков стана 2000 – 3,92мм.

Валки стана 1700, подобранные в комплекты с близкими начальными диаметрами, величиной коэрцитивной силы и твердостью (комплекты 2 и 5) после списания имели одинаковый диаметр – 636мм. А у валков стана 2000, подобранных с аналогичными требованиями разница конечных диаметров составляла 0,48мм.

Разница диаметров списанных валков стана 2000, подобранных в комплекты с близкими начальными диаметрами, величиной коэрцитивной силы и различной твердостью (комплект 5) составляла 0,68мм. Валки стана 1700, подобранные при списании имели одинаковый диаметр – 637мм.

Дополнительные исследования результатов производственных испытаний хромоникелевых валков показали, что при подборе их в комплект с близкими геометрическими характеристиками и показателями твердости имели не одинаковую выработку за компанию (закладку). Валки стана 2000 от 0,74 до 1,52 мм (средний показатель – 0,81), а стана 1700 – 0,81-1,37мм (средний показатель – 1,095).

При подборе комплекта валков по коэрцитивной силе, значения которых не отличались более чем на 10-15%, их наработка за закладку на стане 2000 была близкой к максимальной и составляла 0,98-0,99мм (средний показатель 0,98), а на стане 1700 – 0,96-1,07 (средний показатель 1,01).

Средние показатели наработки комплектов валков, подобранных по коэрцитивной силе, были на 17,3% (стан 2000) и 7,98% (стан 1700) выше, чем у комплектов подобранных по уровню твердости [17].

### **Выводы.**

Представлены эффективные научно-прикладные решения повышения эксплуатационной стойкости валков из хромоникелевого чугуна, которые базируются на теоретических и экспериментальных исследованиях, подтверждающих возможность применения полученных результатов для увеличения их наработки на (сортовых и) листовых станах.

### **Список литературы:**

1. Скобло Т.С. Анализ эксплуатационной стойкости двухслойных чугунных валков /Т.С. Скобло, А.К. Автухов, Р.Г.Соколов // Сталь.- 2015.-№2 С. 34-37.
2. Вдовин К.Н., Гималетдинов Р.Х., Колокольцев В.М., Цыбров С.В. Прокатные валки. Монография. –Магнитогорск, МГТУ. – 2005. – 543с
3. Скобло Т.С. Высокоуглеродистые материалы для валков шаропрокатных станков /Т.С. Скобло, А.К. Автухов // Информационный листок №304-92, Харьковский центр научно-технической и экономической информации, 1992 г.- 2с.

4. Скобло Т.С. Сравнительный анализ качества валков с литыми ручьями из хромоникелевого чугуна и валков из высокохромистого чугуна / Т. С. Скобло, В.К. Парфенюк, Н. И. Сандлер и др. //Обработка металлов давлением. Сборник трудов. Вып.18.-Москва: МЕТАЛЛУРГИЯ.,1970.-С.151-172
5. Определение оптимального межперевалочного срока службы рабочих валков чистой клети толстолистового стана 3000 / [Скобло Т.С., Вишнякова Е.Н., Климанчук В.В., Будагьянц Н.А.] // Бюллетень научнотехнической информации. [Черная металлургия]. -1988. - №8. - С.51 - 54.
6. Скобло Т.С. Повышение стойкости крупных листопрокатных валков /Т.С. Скобло, Н.А. Будагьянц, А.И. Сидашенко и [и др.]// Сталь. -1992, №3. - С.53-56.
- 7.Производство и применение прокатных валков: Справочник. / Т.С. Скобло, А.И. Сидашенко, Н.М. Александрова и др. Под ред. проф. Т.С. Скобло.-Х.: ЦД №1, 2013. - 572с.
8. Скобло Т.С. Прокатные валки из высокоуглеродистых сплавов/ Т.С. Скобло, Н.М. Воронцов, С.И. Рудюк / [под. Ред. Скобло Т.С.].-М.: Металлургия, 1994.-336с.
- 9.Скобло Т.С. Причины и характеристика отказов листопрокатных валков станов горячей прокатки / Т.С. Скобло, А.К. Автухов, В.В. Климанчук // Металлургия машиностроения.-2014.- №3 С.14-17.
10. Скобло Т.С. Опыт эксплуатации рабочих валков стана 2000/ Т.С. Скобло, А.К. Автухов, Р.Г. Соколов //Материали за IX міжнародна научна практична конференція «НАУЧНИЙ ПІПТЕНЦІАЛ НА СВЕТА-13» Том 20.- С.13-27
11. Скобло Т.С. Характеристика процессов, влияющих на интенсивность разрушения рабочей поверхности прокатных валков / Т.С. Скобло, А.К. Автухов, В.В. Климанчук// Сталь.-2014.-№11 С.82-85 (2 копии. Нет ТЛ, оглавления)
12. Патент. №101550 Україна, МПК (2015.01) С22С37/06, С22С37/08, С22С37/10 Чавун робочого шару двошарових прокатних валків /Скобло Т.С., Автухов А.К., Сідашенко А.И., та інш.- №u2015 00918, опубл.25.09.2015, Бюл.№18
13. Патент. №94040 Україна, МПК(2014.01) С22С 37/00 Зносостійкий чавун /Скобло Т.С., Автухов А.К., Сідашенко А.И., та інш.- №u2014 05232, опубл.27.10.2014, Бюл.№20
14. Скобло Т.С.Влияние технологических параметров отливки двухслойных валков на их твердость и коэрцитивную силу/ Т.С. Скобло, А.К. Автухов, Р.Г. Соколов// Вісник ХНТУСГ [«Проблеми надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва»].-2014.-Вип.151.- С.108-113
15. Скобло Т.С.Исследование влияния вакуумирования на качество прокатных валков/Т.С.Скобло, А.К.Автухов, Н.С.Пасько // Промышленность в фокусе.-2013.-№7. С.54-58
16. Автухов А.К. Исследование влияния продувки азотом на формирование структуры металла рабочего слоя валков исполнения ЛПХНМдц

/ А.К. Автухов// Машиностроение: сетевой электронный журнал.-2015.-Т.3, №4-С.9-12.

17. Автухов А.К. Подбор в комплект двухслойных хромоникелевых валков исполнения ЛПХНМд /А.К. Автухов// Вісник національного технічного університету «ХПІ» [«Інноваційні технології та обладнання обробки матеріалів у машинобудуванні та металургії»].-2015.-Вип.№24(1133)2015.-С.3-8

## Анотація

### **Прогресивні напрямки підвищення експлуатаційної стійкості валків з хромонікелевого чавуну**

Автухов А.К.

*Проаналізовано ефективні науково - прикладні рішення підвищення експлуатаційної стійкості валків з хромонікелевого чавуну, що базуються на теоретичних і експериментальних дослідженнях. Показано, що науково обґрунтований вибір хімічного складу, технології виробництва, раціональних способів експлуатації і ремонту валків забезпечують збільшення їх напрацювання.*

## Abstrakt

### **Progressive directions for increasing of service durability of chrome-nickel rolls**

Avtukhov A.K.

*The paper analyzes effective scientific and applied solutions for increasing service durability of chrome-nickel rolls which are based on theoretical and experimental research.*

*Conclusion is made that research-based choosing of the chemical composition, production technology, rational methods of operation and maintenance of the rolls increase their operating time.*