

МАШИНОСТРОЕНИЕ. НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ОБОРУДОВАНИЯ

УДК 621.771.07

Белевский Л.С., Исмагилов Р.Р.

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ СЛУЖЕБНЫХ СВОЙСТВ ВАЛКОВ СТАНОВ ХОЛОДНОЙ ПРОКАТКИ

Одним из путей борьбы с наваром, возникающим при прокатке складки, может быть использование валковых материалов, обладающих «противонаварными» свойствами. Приведены результаты испытаний партии рабочих валков из стали 9Х2С2М и индифинитных чугунов на стане 1200, а также литокованных и литых валков из стали электрошлакового переплава на станах холодной прокатки 1200, 2500 и 400.

Ключевые слова: холодная прокатка, валки, складка, напряжения, электрошлаковый переплав.

One of the ways to prevent the build-up sludge during rolling of fold. Can make use new materials. The results of testing of rolls made from steel 9X2C2M and indefinite on mill 1200 and casting rolls on cold mills 1200, 2500 and 400 has been present.

Key words: cold mill, rolls, fold, stress, electroslag remelting.

Валки работают в условиях одновременного действия контактных, изгибающих, остаточных, температурных напряжений и крутящего момента. На стойкость валков большое влияние оказывают контактные напряжения. Под действием переменных контактных нагрузок в поверхностных слоях рабочих валков протекают необратимые физические процессы, которые носят локальный характер. Наряду с упругой деформацией в закаленной стали отмечается и пластическая деформация.

Неодинаковая интенсивность деформации по глубине контактной зоны создает концентрацию напряжений внутри наклепанного закаленного слоя. Это приводит к исчерпыванию пластических свойств поверхностного слоя. Продолжающееся действие внешних нагрузок способствует усталостному разрушению контактирующих поверхностей.

Дефекты и повреждение валков холодной прокатки связаны с особенностями их изготовления и эксплуатации. Поверхностные дефекты валков можно разделить на две группы: устраняемые при перешлифовке (порезы, вмятины, хвосты, небольшие навары, мелкая сетка трещин, мелкие выкрашивания и др.) и вызывающие окончательный выход валков из строя (грубые навары, отслоения, отколы, трещины, поломка бочки и шеек и др.).

Навар рабочих валков холодной прокатки является одной из причин их преждевременного списания. Навары образуются вследствие появления перед входом в зев валков складки металла, которая начинает вытягиваться в очаг деформации. В этот момент резко увеличивается угол захвата, что ведет к соответствующему увеличению протяженности очага деформации и повышению удельного давления в нем. Рост удельного давления способствует выдавливанию смазки, находящейся между валком и прокатываемым металлом, и резкому повышению температуры до 1300°C в очаге деформации, из-за чего металл валка схватывается с металлом прокатываемой полосы. Одновременное действие высоких механических напря-

жений и высокой температуры в месте наvara, а также резкое падение температуры при охлаждении валка эмульсией приводят к появлению трещин на поверхности валка и «пятнистой» твердости. Сильные навары, полученные при схватывании валков прокатываемым металлом, вызывают последующие отслоения или глубокое выкрашивание, приводящее к окончательному выходу валка из строя [1, 2].

Одним из распространенных дефектов валков холодной прокатки, прошедших поверхностную закалку, являются отслоения, которые обычно наблюдаются на поверхности бочки, контактирующей с прокатываемым металлом. Обычно глубина местных отслоений и кругового скалывания бочки находится в пределах 5–25 мм. Значительная часть отслоений наблюдается в тех местах поверхности валка, в которых ранее произошел навар.

Для повышения стойкости валков и их служебных свойств возможны различные пути:

- применение валковых материалов, обладающих меньшей склонностью к наварам;
- создание новых, более износостойких материалов и совершенствование технологии изготовления валков с целью обеспечения большей глубины закаленного слоя и его равномерной твердости;
- применение бандажированных валков.

Бандажированные валки на станах холодной прокатки используются в качестве опорных, хотя известны случаи применения бандажированных рабочих валков небольших размеров [3].

Основные достоинства бандажированных валков следующие:

- возможность изготавливать бандаж из особоизносостойких материалов, а ось – из высокопрочных сталей, способных выдерживать длительные циклические нагрузки;
- термическая обработка бандажа производится отдельно, что позволяет получить почти одинаковую твердость по всей толщине бандажа и снизить гради-

ент остаточных напряжений, который в сплошном валке большой массы весьма высок;

– посадочная поверхность оси перед сборкой может подвергаться дополнительной обработке с целью ее упрочнения, нанесения покрытий и др. для повышения несущей способности соединения с натягом;

– возможность замены изношенного бандажа при многократном использовании оси.

Изготовление валков из новых материалов или в бандажированном исполнении требует расчета напряжений, которым они будут подвергаться. Особенно важно знать величины напряжений в аварийных ситуациях, например при прохождении тройной складки. Следует отметить, что влияние складки на полосу исследовалось еще в 60-х годах прошлого века поляризационно-оптическим методом [4]. Использование возможностей систем компьютерной математики позволяет определить напряжения расчетным путем. В работах [5, 6] исследовано напряженное состояние рабочего и опорного бандажированных валков стана 400 холодной прокатки при прокатке складки тройной толщины.

Было рассмотрено влияние прохождения тройной складки через клетки непрерывного стана 400 холодной прокатки на напряженное состояние валков.

Для расчета определены силовые параметры прокатки отожженного металла в четвертой клетки [5]. Входная и выходная толщина полосы $h_0=0.28$ мм, $h_1=0.2$ мм, переднее и заднее натяжение $T_0=13$ кН, $T_1=10$ кН, диаметр рабочего валка $D=200$ мм, коэффициент трения $\mu=0.07$, материал – отожженная сталь 08кп. Закон упрочнения прокатываемого металла выразим следующей зависимостью: $\sigma_T = \sigma_{0T} + a \cdot \varepsilon^b$ [6, 7].

Для стали 08кп $\sigma_{0T}=23$, $a=3.4$, $b=0.6$. При этих коэффициентах σ_T получается в кГс/мм^2 , поэтому вычисленные значения σ_T следует переводить в Н/мм^2 . В результате решения уравнения прокатки получена эпюра контактного давления металла на валки и полное давление $P_{\text{нат}}=1.6326$ МН. Рассчитаны силовые параметры прокатки складки тройной толщины из отожженного металла в четвертой клетки, т.е. предполагаем, что порыв полосы произошёл в третьем межклетевом промежутке.

В результате расчёта получены следующие данные: среднее давление в очаге деформации $p_{\text{cp}}=1080$ Н/мм^2 , длина дуги деформации $l=7.2146$ мм. Давление металла на валки $P_{\text{кон}}=2.343$ МН. Момент прокатки на один сплюснутый валок $M_{\text{пр}}=5440$ Н·м.

При расчёте напряжённо-деформированного состояния рабочего валка методом граничного или конечного элементов требуется иметь эпюры напряжений в месте контакта валков с металлом и с опорным валком.

Дифференциальное уравнение тонколистовой прокатки имеет вид [8]:

$$\frac{dp(x)}{dx} = \frac{d\sigma_{\phi}(x)}{dx} + \left(\sigma_{\phi}(\varepsilon_x) \pm \frac{\tau_x}{\text{tg}(\varphi_x)} \right) \frac{h'_x}{h_x}, \quad (1)$$

где $p(x)$ – удельное нормальное давление в сечении x по дуге захвата; x – текущая координата; h_x – текущее значение толщины полосы в зоне контакта металла с

рабочим валком; $\sigma_{\phi}(\varepsilon_x)=2\tau_s=1.15\sigma_1(\varepsilon_x)$, $\sigma_m(\varepsilon_x)$ – характеристика кривой наклепа в функции от x ; τ_x – контактные касательные напряжения в сечении x . Была реализована пятizonная эпюра напряжений $\tau(x)$. Упругое сжатие рабочих валков при определении длины дуги деформации определялось по формуле Хичкока [8].

Уравнение интегрировалось решателем (solver) **ode45** из системы компьютерной математики **MATLAB** [9]. Вызов решателя выглядит так:

p=ode45('function',[x1 x2 x3... xn],p(x1),a,b,c,R1,h1,xn,l,mu),

где **function** – аналитическая запись правой части уравнения; **[x1 x2 x3... xn]** – массив аргументов, для которых надо найти решение; **p(x1)** – начальное значение для решения; **a,b,c,R1,h1,xn,l,mu** – параметры, которые входят в правую часть уравнения.

Функция **ode45** возвращает массив **p=[p1 p2 ...pn]** решений при значениях независимой переменной x , взятых из массива **[x1 x2 x3... xn]**.

По формуле Герца [10] определили ширину полосы контакта $2 \cdot b_1$ рабочего и опорного валка:

$$b_1 = 1.522 \sqrt{\frac{q \cdot R \cdot R_{on}}{E(R + R_{on})}} = 2.3663 \text{ мм,}$$

где $q = P_y$ – погонное давление; $R=250$ мм – радиус опорного валка; $E=2 \cdot 10^5$ н/мм^2 – модуль Юнга.

Полученные данные позволяют рассчитать напряженное состояние бандажированных валков клетки кварто при экстремальных нагрузках, возникающих при прокатке тройной складки, которая может образоваться при обрыве полосы. Знание величин максимальных напряжений и характера их распределения позволяет более обосновано подходить к выбору материала валков, наименее подверженного катастрофическим повреждениям в аварийных ситуациях.

Напряжённое состояние рабочего валка, а следовательно, и бандажа, которое возникает от контактных напряжений, определено методом граничных элементов. Применительно к решению плоских задач линейной теории упругости в работе [11] метод граничных элементов доведён до готовых компьютерных программ.

На дуге контакта валка с металлом на него действуют нормальное и касательное напряжения, а в зоне контакта с опорным валком нормальное напряжение. Окружность, которая ограничивает сечение валка, неравномерно поделена на 530 дуг. Каждая дуга заменена отрезком прямой. Для тех отрезков, которые попали в зону очага деформации и зону контакта с опорным валком, определены эквивалентные нормальные и касательные напряжения. Подробно процедура перехода к эквивалентным напряжениям описана в [12].

Напряжённое состояние в той части валка, которая контактирует с металлом (очаг деформации), показано на **рис. 1, 2**.

Наибольшего значения касательные напряжения достигают на разном расстоянии от поверхности валка для зоны отставания и опережения очага деформации.

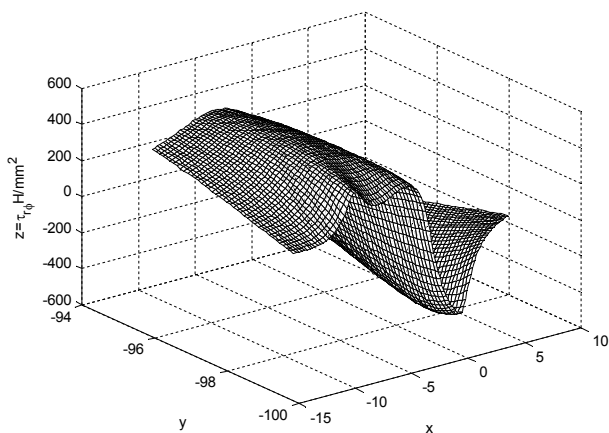


Рис. 1. Поверхность касательных напряжений в банде рабочего валка в зоне контакта рабочего валка с металлом

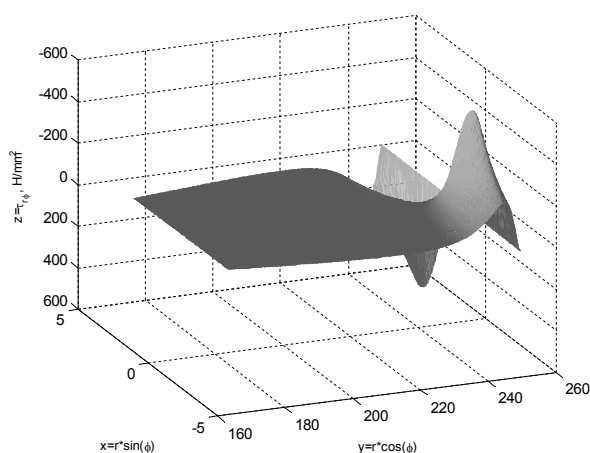


Рис. 3. Поверхность касательных напряжений в банде опорного валка в зоне контакта с рабочим валком $170 \leq r \leq 250$, $-2.02 \leq \phi \leq 2.02$

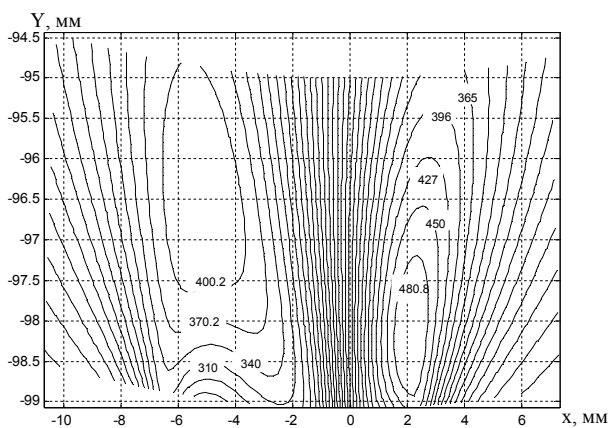


Рис. 2. Линии равного уровня абсолютных значений касательных напряжений в зоне контакта рабочего валка с металлом

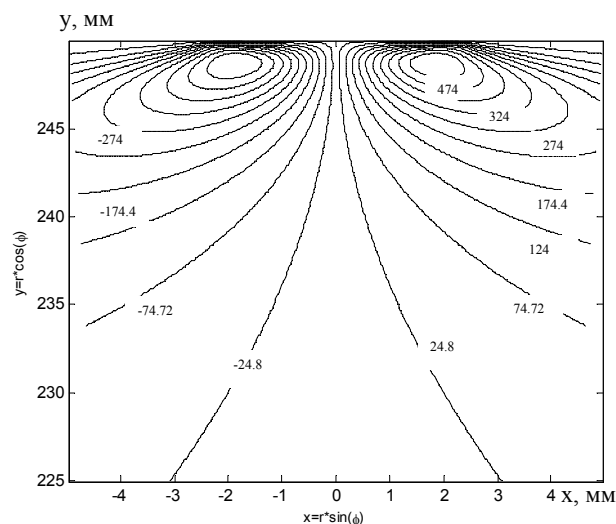


Рис. 4. Линии равных значений касательных напряжений в банде опорного валка в месте касания с рабочим валком: $225 \leq r \leq 250$, $-2.02 \leq \phi \leq 2.02$

Напряжённое состояние опорного валка определено по методике, изложенной в работе [13]. Эпюра контактных напряжений от действия рабочего валка на опорный представлена в виде косинусоиды, а погонное давление прокатки в 13614 Н/мм уравновешивается весом опорного валка. В расчётах принято: $D_{\text{раб}}=200 \text{ мм}$, $D_{\text{опор}}=500 \text{ мм}$, $D_{\text{пос}}=340 \text{ мм}$, $E_{\text{юнга}}=2.0 \cdot 10^5 \text{ Н/мм}^2$, $\mu_{\text{плюсона}}=0.3$, $\delta_{\text{натяг}}=0.4 \text{ мм}$. В процессе расчёта окружные и радиальные напряжения в банде определялись как сумма напряжений от натяга и давления прокатки. Поверхность касательных напряжений, которая показывает качественный характер изменения напряжения, приведена на рис. 3, а линии равного уровня касательных напряжений – на рис. 4. Касательные напряжения $\sigma_{\tau\phi}$ достигают максимального значения в 530 Н/мм^2 на глубине в 1.25 мм от поверхности опорного валка.

Точки с максимальными касательными напряжениями расположены на дуге окружности $r = 248.75 \text{ мм}$.

Радиальные и окружные напряжения в опорном валке достигают максимальных значений на прямой $225 \leq r \leq 250$, $\phi=0$. Количественный и качественный характер их изменения приведён на рис. 5.

Анализ данных проведенных расчетов показывает, что напряжения, возникающие при прокатке складки тройной толщины, даже в бандажированных валках не должны приводить к их разрушению. Установлено [1, 2], что причиной появления трещин при наваре является вторичная закалка, сопровождающаяся резким увеличением объема металла в тонком слое участка поверхности бочки. Поэтому одним из путей борьбы с наваром может быть использование валковых материалов, обладающих «противонаварными» свойствами.

В России были попытки создания таких валков. Еще в 1966 г. С.А. Форисенков и С.П. Лисицын [14] предложили хромкремнемолибденовую сталь 9Х2С2М следующего состава: $0,85\text{--}0,95\% \text{ C}$; $1,8\text{--}2,5\% \text{ Cr}$; $1,6\text{--}2,4\% \text{ Si}$; $0,15\text{--}0,30\% \text{ Mo}$; $0,15\text{--}0,45\% \text{ Mn}$; $<0,30\% \text{ Ni}$; $<0,03\% \text{ S}$; $<0,03\% \text{ P}$. За счет высокого содержания кремния повышена сопротивляемость стали к отпуску. Последнее позволило, не рискуя снизить твердость, повысить температуру отпуска валков до 300°C и более.

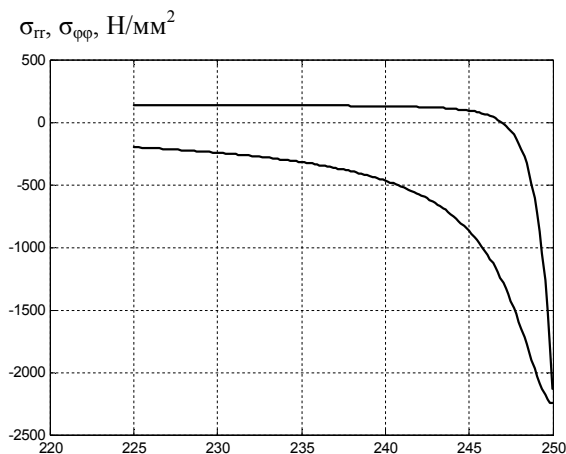


Рис. 5. Изменение нормальных (1) и окружных (2) напряжений по радиусу $225 \leq r \leq 250$, $\varphi=0$ в бандаже опорного вала

Рабочие валки из стали марки 9Х2С2М были испытаны на стане 1200 Магнитогорского металлургического комбината. Навары бочки валков были снижены на 25-30%, общее повышение стойкости валков составило 40%. Однако из-за большого брака при изготовлении кованных валков из этой марки стали их изготовление было прекращено.

В зарубежной практике широкое распространение получил метод центробежного литья в двухслойном исполнении.

В ОАО «ММК» была поставлена опытно-промышленная партия индифинитных чугунных валков размером 500×1200 для стана 1200, изготовленных таким методом. Поверхность бочки отлита из чугуна с высоким содержанием ледебурита, легированного никелем, с мелким пластинчатым графитом и отпущенной бейнитово-мартенситной матрицей; сердцевина вала состоит из чугуна со сфероидальным графитом. Валки обладают очень высокой износостойкостью и существенно увеличенной сопротивляемостью повреждению при авариях. На рис. 6 приведена микроструктура рабочего слоя бочки валков

За время работы валков произошло шесть аварийных случаев, связанных с обрывом полосы между клетями и прокаткой складок. Но ни в одном случае наваров полосы на поверхность бочки не было.



Рис. 6. Микроструктура рабочего слоя бочки валков

Очевидно, что карбидомартенситно-бейнитная структура рабочего слоя бочки вала, большая его глубина, высокие прочностные свойства, минимальная склонность к свариванию позволяют уменьшить повреждаемость чугунных валков в аварийных ситуа-

циях, повысить износостойкость по сравнению со стальными и, как следствие, увеличить общую стойкость прокатных валков станов холодной прокатки.

Успешный опыт эксплуатации чугунных индифинитных валков на стане холодной прокатки – это один из путей улучшения их служебных свойств.

Анализ показывает, что высокая работоспособность валков определяется, прежде всего, качеством металла, из которого они изготовлены, т.е. условиями выплавки и последующей обработки. Современная электросталь, в основном используемая для изготовления валков холодной прокатки, не всегда обеспечивает необходимый уровень свойств валков. Применение методов специальной электрометаллургии (вакуумного, дугового, электрошлакового и электронно-лучевого переплава) способствует улучшению качества валковой стали. За последние годы появилось много модификаций электрошлакового переплава (ЭШП).

Выбор в качестве заготовки для изготовления рабочих валков холодной прокатки металла ЭШП обосновывается значительными его преимуществами перед металлом электродуговой выплавки [15]. При ЭШП валковая сталь очищается от неметаллических включений в 1,5-2,5 раза больше, в основном за счет уменьшения количества сульфидов, достигаются меньшая микронеоднородность, повышенная плотность и равномерность структуры и, следовательно, равномерность свойств металла по сечению и высоте переплавленного слитка. Сталь ЭШП характеризуется меньшей дисперсностью неоднородности и более равномерным распределением ликвирующих элементов.

Следует также отметить, что литая сталь ЭШП с меньшей структурной и химической неоднородностью обладает большей прокаливаемостью, имеет повышенную на 40-50% технологическую пластичность, по сравнению с обычной сталью ЭШП. Для металла ЭШП характерна тенденция к увеличению контактной выносливости, что обусловлено характером микроструктуры, степенью микронеоднородности и типом неметаллических включений.

В настоящее время на многих отечественных предприятиях металл, выплавленный в электропечи, разливается в слитки с последующим изготовлением электродов ковкой. Электроды подвергаются электрошлаковому переплаву, при котором сечение слитка ЭШП выбирается таким, чтобы при последующей ковке обеспечивался уков бочки не менее 2,5 (при традиционной технологии уков бочки не менее 3,0). При такой технологии валки получают полностью в ковном исполнении – и бочка, и шейки.

Московским вечерним металлургическим институтом, ПО «Электростальтяжмаш» и НПО «ЦНИИТМАШ» разработана технология изготовления валков в литокованом исполнении, при которой бочка остается в литом состоянии, а оттягиваются только шейки.

Партия рабочих валков холодной прокатки с литой бочкой диаметром 400 мм и коваными шейками из металла ЭШП, изготовленная на ПО «Электростальтяжмаш» при эксплуатации на непрерывном пятиклетевом стане 400×1200 ОАО «НЛМК» показала повышенную стойкость валков по сравнению с серийными коваными валками из стали открытой

выплавки в 1,4-1,6 раза. Максимальный развес слитков диаметром 420 мм составлял 2500 кг. Однако серийное внедрение этой технологии в ПО «Электростальтяжмаш» произошло только при выпуске всех валков диаметром с бочки до 250 мм с развесом слитка 800-850 кг.

Массовое применение литокованных валков осуществлено в 2005–2009 годах в ОАО «ММК» на станах «1200», «2500» и «400» холодной прокатки листа. Этому способствовали технологические разработки ООО «ЮжУралТехноТрейд», ОАО «ММК», ООО «Уральский завод нестандартного оборудования» и МГТУ им. Г.И. Носова, основанные на информации, что на некоторых предприятиях, имеющих установки ЭШП, были освоены технологии получения слитков диаметром 525 мм, длиной 4100 мм и массой до 7000 кг. Характерной особенностью этих технологий явилось применение в качестве электродов отработанных и списанных прокатных валков.

Процесс изготовления прокатных валков проводился на специализированном предприятии с корректировкой режимов ковки, предварительной термической обработки и закалки применительно к разным маркам стали [16].

Разработанные режимы термической обработки заготовок позволили получить почти одинаковые механические свойства литого и ковкого металла. Это дает возможность изготавливать валки полностью в литом исполнении. С этой целью выплавляется слиток диаметром 525 мм, длиной 3600 мм, массой 6095 кг. Подковка шеек не производится. Далее слиток проходит термическую и механическую обработку.

Технологический процесс состоит из ЭШП отработанных валков в слитки круглого сечения под размер бочки с припуском, механической и термической обработок. Этот способ разработан предприятиями ООО «ЮУТТ», ООО «УЗНО» (Уральский завод нестандартного оборудования) и ОАО «ММК». Размеры слитков ЭШП диаметром 530 мм и массой 8 000 кг, марки стали с содержанием хрома до 3,5%.

Изготовление валков в литом исполнении имеет целый ряд преимуществ перед исполнением в литокованом исполнении:

- полностью исключается дорогостоящий и трудоемкий процесс ковки шеек, в результате чего уменьшается вероятность возникновения брака ковочного происхождения;

- способ может применяться на предприятиях, не имеющих мощностей ковочного оборудования;

- шейки литых валков менее подвержены травмированию при аварийных разрушениях подшипников, т.к. литая сталь со столбчатой структурой, ориентированной в направлении максимальных напряжений, возникающих при термических ударах, имеет повышенную термостойкость, износостойкость, а также более высокую прочность и пластичность в нагретом состоянии. Это объясняется устранением хрупкого межзеренного разрушения микрообъемов стали при тепловых ударах;

- снижение общей себестоимости изготовления валков, несмотря на повышение затрат на проведение механической обработки в среднем на 17%.

В литом исполнении изготовлены партии крупногабаритных рабочих валков размерами 500×1200

(масса 2,7 тн.), 500×2500 (масса 4,97 тн.) и 500×1700 (масса 3,7 тн.), а также опорные валки 500×400 (масса 1,13 тн.) из стали марок 9Х2МФ, 60Х2СМФ и с повышенным содержанием хрома 60Х3СМФ.

Анализ данных работы валков на стане «1200» показывает, что стойкость литых валков превышает стойкость кованных на 16%. Несмотря на то, что опытные валки в 3,5 раза больше подвергались аварийным ситуациям (о чем свидетельствует процент списания валков по наварам), стойкость их также превышает стойкость кованных на 13%. Следует отметить, что ни один валок не был разрушен по литой шейке и трещину, что и предполагалось по результатам расчетов на прочность.

Аналогичные данные получены при эксплуатации рабочих валков 500×1700 на дрессировочном стане «1700» и опорных валков 500×400 на стане «400» холодной прокатки листа.

На основании изложенного можно заключить, что изготовление рабочих валков станом холодной прокатки в литом или литокованом исполнении позволяет снизить стоимость изготовления и повысить их качество.

Список литературы

1. Валки листовых станов холодной прокатки / Новиков В.Н., Белосевич В.К., Смирнов Г.В. и др. М.: Metallurgy, 1970. 336 с.
2. Надежность и долговечность валков холодной прокатки / Полухин В.П., Николаев В.А., Тылкин М.А. и др. М.: Metallurgy, 1976. 448 с.
3. Бандажированные прокатные валки и ролики МНЛЗ: монография / Белевский Л.С., Кадошников В.И., Белевская Е.Л., Москвин В.М., Исмагилов Р.Р. и др. Магнитогорск: МГТУ, 2009. 234 с.
4. Полухин П.И., Железнов Ю.Д., Полухин В.П. Тонколистовая прокатка и служба валков. М.: Metallurgy, 1967. 387 с.
5. Белевский Л.С., Исмагилов Р.Р., Москвин В.М. Влияние складки на полосу на напряжения в валках клетей кварто станов холодной прокатки // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. 2010. № 1. С. 46–49.
6. Белевский Л.С., Исмагилов Р.Р., Москвин В.М. Расчет напряженного состояния рабочего и опорного бандажированных валков при прокатке складки тройной толщины // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. 2010. № 2. С. 34–38.
7. Третьяков А.В. и др. Механические свойства металлов и сплавов при обработке давлением. М.: Metallurgy, 1964. 324 с.
8. Целиков А.И., Никитин Г.С., Рокотян С.Е. Теория продольной прокатки М.: Metallurgy, 1980. 280 с.
9. Ануфриев И.А. MatLab 5.3/6.x. – Санкт-Петербург: БХВ Петербург, 2002. 712 с.
10. Демидов С.П. Теория упругости. М.: Высш. шк., 1970. 432 с.
11. Крауч С., Старфилд М. Метод граничных элементов в механике твердых тел. М.: Мир, 1987. 328 с.
12. Кадошников В.И., Москвин В.М., Белевская Е.Л. Методика определения напряженного состояния рабочего валка методом граничных элементов // Metallurg. 2008. №10. С. 63–66.
13. Москвин В.М., Кадошников В.И., Белевская Е.Л. Напряжения в поперечной плоскости опорного валка // Производство проката. 2007. №8. С. 19–24.
14. А.с. 186697. Сталь для валков холоднопрокатки / С.А. Форисенков, С.П. Лисицын.
15. Башнин Ю.А. Влияние способа выплавки на структуру и свойства стали для производства валков холодной прокатки // Сталь. 1984. №10. С. 65–69.
16. Опыт эксплуатации литых стальных рабочих валков на станах холодной прокатки листа / Белевский Л.С., Исмагилов Р.Р., Ключков О.С. и др. // Обработка сплошных и слоистых материалов: межвуз. сб. науч. тр. / под ред. М.В. Чукина. Вып. 36. Магнитогорск, 2010. С. 145–154.

Bibliography

1. Novikov V.N., Belosevich V.K., Smirnov G.V. et al. The rolls of cold sheet mill. M.: Metallurgy, 1970. 336 p.
2. Poluhin V.P., Nikolaev V.A., Tilkina M.A. and ot. The Reliability and durability of cold rolls M.: Metallurgy, 1976. 448 p.
3. Belevskiy L.S., Kadoshnikov V.I., Belevskaya E.L., Ismagilov, R.R. and ot. Tyred rolls and rollers MCCB. Magnitogorsk: MG TU, 2009. 234 p.
4. Poluhin P.I., Gelesnov J.D., Poluhin V.P. Sheet mill and the service of rolls M.: Metallurgy, 1967. 387 p.

5. Belevskiy L.S., Ismagilov, R.R., Moskvina V.M. Influence of fold on strip at stresses in rolls of four-high stand of cold sheet mill. // Vestnik of MSTU named after G.I. Nosov, 2010. №1. P. 46–49.
6. Belevskiy L.S., Ismagilov, R.R., Moskvina V.M. // Vestnik of MSTU named after G.I. Nosov, 2010. №2. P. 34–38.
7. Tretyakov A.V. and ot. Mechanical properties of metals and alloys in mechanical working. M.: Metallurgy, 1964. 324 p.
8. Zelikov A.I., Nikitin G.S., Rokotian S.E. The theory of lengthwise rolling. M.: Metallurgy, 1980. 280 p.
9. Anufriev I.A. MatLab 5.3/6.x. В.Х.В. S- Petersburg, 2002. 712 p.
10. Demidov S.P. Elasticity Theory. M.: Higher school, 1970. 432 p.
11. Krauch C., Stapfild M. The method of boundary elements in mechanics of rigid bodies. M.: Mir, 1987. 328 p.
12. Kadoshnikov V.I., Moskvina V.M., Belevskaya E.L. The design procedure of stressed state of working roll by boundary elements method. // Metallurg, 2008. №10. P. 63–66.
13. Moskvina V.M., Kadoshnikov V.I., Belevskaya E.L. Stress in cross plane of backing roll. // The production of rolled metal, 2007. № 8. P. 19–24.
14. Phorisenkov S.A., Lisizin S.P. The steel for cold rolls. Aut cert. №186697. Bulletin of inventions, 1966, №19.
15. Bashnin Y.A. The influence of means of smelting into structure and properties of steel for production of cold rolls. // Steel. 1984. №10. P. 65–69.
16. Belevskiy L.S., Ismagilov, R.R., Klochkov O.S. and ot. The Experience of exploitation of cast steel cold rolls. Collection 36. Magnitogorsk: MG TU, 2010. P. 145–154.

УДК 621.923:658.53

Чаплыгин Б.А., Буторин Г.И.

НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ ОБЩЕМАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ НОРМАТИВОВ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ НА РАБОТЫ, ВЫПОЛНЯЕМЫЕ НА ШЛИФОВАЛЬНЫХ И ДОВОДОЧНЫХ СТАНКАХ

Предложена новая концепция разработки нормативов режимов абразивной обработки, обеспечивающих металлообрабатывающие предприятия технологическими рекомендациями во всем диапазоне возможностей оборудования, номенклатуры режущего инструмента и схем обработки. Подготовлена новая редакция Общемашиностроительных нормативов режимов резания на работы, выполняемые на шлифовальных и доводочных станках с ручным управлением и полуавтоматах. Данная редакция Общемашиностроительных нормативов максимально охватывает применяемые на практике виды и схемы обработок абразивными инструментами.

Ключевые слова: режимы резания, обшемашиностроительные нормативы, шлифовальный станок, доводочный станок, нормативная карта, схема шлифования, параметрическое соответствие.

The new concept of the development of the norms of the regimes of the abrasive working is proposed which provides the metalworking enterprises by technological recommendations in entire range of the capabilities of the equipment, the nomenclature of cutting tool and diagrams of the working. The new editorial staff of the total machine-building norms of cutting regimes for the works, carried out on polishing and finishing machines with the manual control and semiautomats is prepared. This editorial staff of total machine-building norms maximally covers the forms used in practice and abrasive tools processing diagrams.

Key words: The cutting regimes, the total machine-building norms, the grinding machine, the finishing machine, the normative card, the grinding diagram, the parametric correspondence.

Введение. На машиностроительных предприятиях доля металлорежущих станков, использующих абразивные инструменты, составляет в среднем около 25% от всего станочного парка. Зачастую эта величина значительно выше, например, на АвтоВАЗе она равна 38% [1], а на подшипниковых заводах достигает 80% [2]. Назначение режимов резания при проектировании станочных операций производится по нормативным справочникам, как правило, по обшемашиностроительным нормативам (ОМН).

Последнее издание ОМН режимов резания для работ, выполняемых на шлифовальных и доводочных станках, было осуществлено Центральным бюро нормативов по труду при НИИ труда Госкомтруда СССР в 1978 году [3], то есть более 30 лет назад. За истекший период появились новые виды абразивных инструментов, новые типы станков и новые виды технологических операций с использованием абразивных инструментов. Кроме того, к настоящему времени из-за физического износа справочников этого издания практически нет.

Отсутствие на машиностроительных предприятиях основного справочного материала по нормированию станочных работ, проектированию технологических процессов, оценке трудоёмкости и себестоимости обработки приводит к тому, что расчеты заменяются субъективными решениями мастеров и технологов (и целиком зависят от их квалификации).

Следствием этого является необоснованное снижение производительности на операциях абразивной обработки, увеличение их себестоимости, в том числе и за счет неправильной эксплуатации инструмента, так как в нормативах рекомендовались наиболее эффективные режимы эксплуатации каждого вида инструмента.

Учитывая экономические потери, вызванные отсутствием нормативов по режимам резания, подготовка новой редакции нормативов является актуальной задачей.

Цель работы – разработка нормативов режимов абразивной обработки, обеспечивающих металлообрабатывающие предприятия технологическими рекомендациями во всем диапазоне возможностей оборудования, номенклатуры режущего инструмента и схем обработки, то есть подготовка новой редакции Общемашиностроительных нормативов режимов резания на работы, выполняемые на шлифовальных и доводочных станках.

Концепция и задачи нормативов режимов резания. Нормативы режимов резания помимо определения трудоёмкости изготовления детали, что является основной задачей, должны решать еще две не менее важные [4]:

а) давать информацию по эффективной организации технологии обработки (способ установки, распределение припуска, режимы резания и т. д.);