

УДК 621.771.07

А.Б. Моллер, С.Я. Унру, Б.И. Воронин, Д.В. Назаров, А.С. Лимарев, О.Н. Тулупов

О ВОЗМОЖНОСТИ ЗАМЕНЫ ЧУГУННЫХ ВАЛКОВ НА ТВЕРДОСПЛАВНЫЕ В ЧИСТОВОЙ ГРУППЕ ПРОВОЛОЧНОГО СТАНА 170

Как известно, на прокатные валки приходится свыше 10% от стоимости прокатного передела [1]. Из-за износа бочки валки списываются с вполне пригодными шейками. 20–25% времени работы стана уходит на перевалки валков [2]. Эффективным может оказаться применение бандажированных валков даже при однократном использовании оси, так как такие валки имеют стойкость в два и выше раз больше, чем цельные. Еще одной причиной этого является применение бандажей из материалов более высокой стойкости. Но, например, применение твердого сплава для изготовления сплошных рабочих валков затруднено, так как эти материалы не способны воспринимать большие изгибающие нагрузки и крутящие моменты.

Для определения возможности реализации проекта были изучены условия работы клетей и прокатных валков чистовой группы стана 170 (табл. 1).

Такое решение вызвано, прежде всего, желанием снизить расход валков, время простоев, требуемое на перевалку и смену калибра. Следует иметь в виду, что клетки такой же конструкции применяются на стане 450 – с 10-й по 16-ю клетки; стане 370 – с 10-й по 18-ю клетки; и стане 170 – с 12-й по 17-ю клетки, поэтому задача вполне актуальна, а ее решение может найти применение не только для проволочного стана 170, но и для всех станов сортового цеха ОАО "ММК".

Схема предлагаемого решения представлена на рис. 1. Вверху представлен вид цельного чугунного валка, который в настоящее время работает на стане, внизу – проект составного валка со стальной осью и прокатными шайбами из ВК-сплава.

Прокатные валки выполнены из высокопрочного перлитного литого чугуна с шаровидным графитом.

Твердость материала валков	514 НВ
Сопротивление на изгиб	1100 Н/мм ²
Сопротивление растяжению	550 Н/мм ²
Усталостная прочность на изгиб в шейках	280 Н/мм ²

Все клетки чистовой группы типа DOM 4334 и DVM 4334.

DOM – подвижная горизонтальная двухвалковая прокатная клеть.

DVM – подвижная вертикальная двухвалковая прокатная клеть.

4334: 1) увеличенная номинальная внутренняя ось 430 мм;
2) базовая номинальная внутренняя ось 340 мм.

Для выработки именно такой конструкции и материала оси и бандажа было проделано следующее:

1) Проанализированы известные конструкции бандажированных валков, в том числе и с наплавленными бандажами [3]. Для условий стана 170 выбрана наиболее подходящей конструкция с несколькими прокатными шайбами, закрепляемыми на оси с помощью замков.

2) Произведен расчет оси валка. Результаты показали, что нормальные напряжения не превышают допустимых и существует большой запас прочности. Поэтому можно применять оси меньшего диаметра до 100 мм и диаметром шейки до

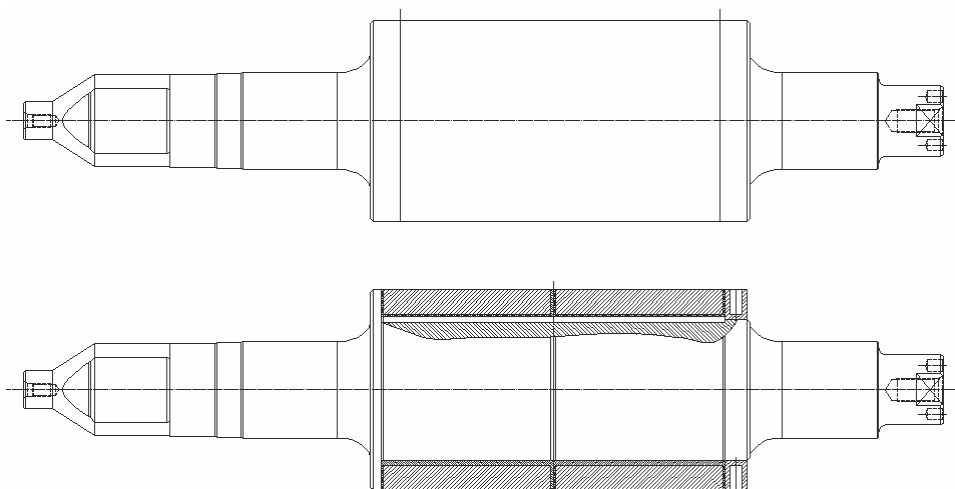


Рис. 1. Цельный и составной валки

Таблица 1

Основные геометрические размеры валков в клетях

Тип клетки		Шейка валка, мм	Диаметр валка, мм		Длина бочки валка, мм	Расстояние между рабочими центрами		
			макс.	мин.		макс.	мин.	
Положение	Обозначение							
14 Н	DOM	4334	180	370	315	700	485	290
15 V	DVM	4334	180	370	315	700	485	290
16 Н	DOM	4334	180	370	315	700	485	290
17 V	DVM	4334	180	370	315	700	485	290

Таблица 2

Состав и свойства материала банджа

Материал	Химический состав		Физические свойства		
	Карбид вольфрама, %	Легирование (Co, Ni, Cr), %	Твердость, НГА	TRS, кг/мм ²	Плотность, г/см ³
KHR 70	78	22	82,0–84,0	280	13,2–13,5

Таблица 3

Предельные напряжения для валка из чугуна с шаровидным графитом

Параметр	Обозначение	Величина
Нормальное напряжение оси при изгибе	$\sigma_{изг. о}$, МПа	1100
Нормальное напряжение шейки при изгибе	$\sigma_{изг. ш}$, МПа	130

75 мм. Однако из обязательного условия сохранения основных посадочных размеров шеек валков ранее обоснованные размеры следует считать окончательными для условий работы стана 170.

Расчет прочности оси бандажированного валка сводится к расчету листового валка за исключением того, что усилие прокатки Р сосредоточено в точке, над которой находится середина калибра на расстоянии m до одного из нажимных винтов. Это расстояние меняется в зависимости от того, в каком из калибров осуществляется прокатка. Так как на бочке валка может быть размещено несколько калибров, то необходимо проверить прочность оси для наиболее неблагоприятного случая положения калибра по длине бочки.

Наиболее неблагоприятным случаем в отношении прочности шейки оси является прокатка в крайнем калибре со стороны приводного конца оси, когда ось подвержена изгибу и кручению одновременно с наибольшими значениями сило-

вых факторов. Наибольшее значение изгибающего момента в оси будет при прокатке в среднем калибре, когда $m=a/2$.

3) Произведен анализ используемых для изготовления бандажей материалов, включая стали, различные ВК-сплавы, чугуны. Наиболее подходящим выбран твердый сплав, включающий карбид вольфрама (ВК).

Свойства материала представлены в табл. 2.

Дополнительно в исследовании рассмотрена возможность применения на стане 170 чугунных составных валков повышенной стойкости. Состав материала чугунного бандаж и технология производства разработаны в МГТУ. Переход на такие валки снизит расходы на инструмент и уменьшит стойкость калибра на 20–30% против твердосплавных шайб, что может быть оправданным с точки зрения экономики производства.

4) Произведен расчет различными способами усилия закрепления бандаж замком, включая стандартный расчет фрикционной муфты по формуле определения давления на контактную поверхность, расчет по условию одинарного точечного воздействия прижимающей торцевой силы, расчет фрикционной предохранительной муфты. В результате получено максимальное значение прижимной силы в 640 кН.

Величины, с которыми должны быть сравнены расчетные данные, приведены в табл. 3. Если при расчетах эквивалентное напряжение получается больше величины, указанной в табл. 3, то ось валка не выдержит передаваемых через нее усилий.

Сами расчетные значения напряжений и моментов приведены в табл. 4. Исследованы два случая: прокатка в ближайшем к приводному концу калибре и прокатка в ближайшем к середине бочки калибре.

Также был рассчитан прогиб оси валка. Вычисленные значения прогиба, а также тот факт, что твердосплавный бандаж не является цельным, а состоит из нескольких наборных шайб, позволяют заключить, что твердосплавные кольца защищены от появления трещин, вызванных высокими изгибающими напряжениями (табл. 5).

При использовании дорогостоящих материалов валков с высокой степенью устойчивости к износу необходимо снижать влияние всех факторов, увеличивающих износ. С целью увеличения срока службы валков возможно изменение калибровки. Для оптимизации формы калибров была выбрана модель, в которой основной критерий оптимизации – неравномерность деформации [4].

В процессе прокатки важно стремиться к минимуму неравномерности деформации.

Снижение неравномерности деформации позволит:

- уменьшить износ прокатных валков;
- снизить расход энергии на процесс формоизменения металла;
- получить более равномерно распределённые нагрузки при прокатке по ширине;
- повысить стабильность процесса;
- получить более точные геометрические размеры готовой продукции;
- продлить срок службы механизмов прокатных клетей.

Для оценки неравномерности деформации при формоизменении металла в калибрах, опираясь на структурно-матричный подход, используется критерий неравномерности деформации $K_{нер}$ [5]. Проведя оптимизацию калибровки, было установлено, что неравномерность деформации снижается во всех клетях предчистовой группы клетей (рис. 2).

Распределение деформации по ширине калибра после его оптимизации по контуру меняется, следовательно, изменится и давление металла на валки. Для выяснения эффективности найденного решения был произведен расчет усилий прокатки.

Под усилием прокатки понимается равнодействующая всех элементарных сил нормального давления и трения, приложенных к металлу со стороны валков. Такая же противоположно направленная сила действует со стороны металла на валки. При установившемся процессе прокат-

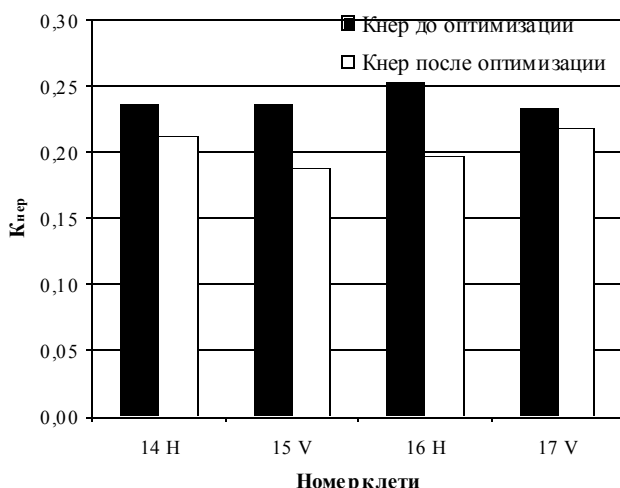


Рис. 2. Диаграмма распределения $K_{нер}$ по проходам в предчистовой группе клетей при прокатке $\varnothing 6,5$ мм на стане 170 ОАО «ММК»

Результаты расчетов

Таблица 4

Прокатка в ближайшем к приводному концу калибре					
Клетей	$\sigma_{эв}$, МПа	$\sigma_{изг\ o\ край}$, МПа	$\sigma_{изг\ ш\ край}$, МПа	$M_{изг\ o\ край}$, кНм	$M_{изг\ ш\ край}$, кНм
14	45,46	24,33	43,55	41,98	24,93
15	34,50	18,83	32,86	32,48	18,81
16	32,92	17,80	31,89	29,64	18,25
17	24,65	13,59	23,73	23,45	13,58
Прокатка в ближайшем к середине бочки калибре					
Клетей	$\sigma_{эв}$, МПа	$\sigma_{изг\ o\ сер}$, МПа	$\sigma_{изг\ ш\ сер}$, МПа	$M_{изг\ o\ сер}$, кНм	$M_{изг\ ш\ сер}$, кНм
14	30,47	38,73	27,60	66,82	15,80
15	23,21	29,42	20,74	50,75	11,87
16	21,15	28,13	19,52	48,53	11,17
17	16,30	21,24	14,89	36,64	8,52

Таблица 5

Прогиб оси валка

Параметр	Обозначение	Величина
Прогиб от действия изгибающих моментов	d_1 , мм	0,0000937
Прогиб от действия поперечных сил	d_2 , мм	0,0000179
Момент инерции площади поперечного сечения оси	I_o , м ⁴	0,0002243
Момент инерции площади поперечного сечения шейки	$I_{ш}$, м ⁴	0,0000515
Суммарная деформация системы	d_b , мм	0,0002232

ки равнодействующая P , вне зависимости от ее величины, направлена перпендикулярно к оси полосы [6].

Нагрузки, оказывающие прямое воздействие на оборудование при прокатке, вычислялись по известной методике, основанной на структурно-матричном подходе.

Из диаграммы (рис. 3) видно, что при опти-

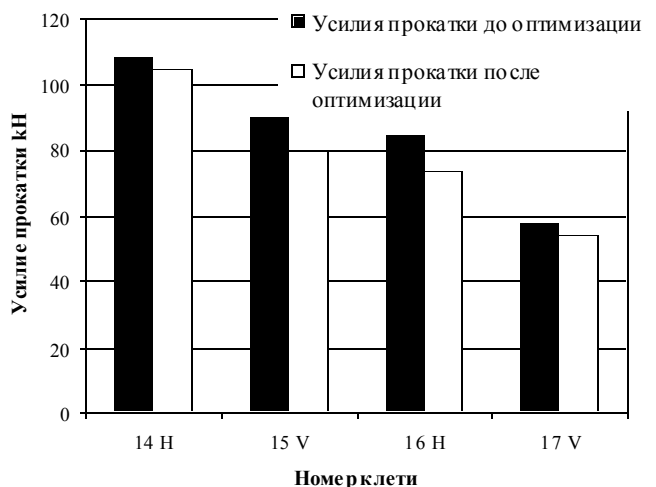


Рис. 3. Диаграмма распределения усилий в предчистовой группе по проходам при прокатке круга 6,5 на стане 170 ОАО «ММК»

мизации формы калибра усилие прокатки снижается во всех клетях предчистовой группы клетей. Исходя из этого следует, что оптимизированная калибровка позволяет:

- снизить затраты электроэнергии;
- уменьшить износ валков;
- повысить стойкость валков.

Применение бандажированных валков экономически обосновано. Увеличенная стоимость сменных колец ВК по сравнению с традиционными валками компенсируется значительным увеличением кампании бандажированных валков и сменой, при необходимости, только самих прокатных колец (бандажей), бывших в употреблении, а не всего тела валка.

Подобный опыт использования твердосплавных прокатных колец шведской фирмы Sandvik имеется в Новокузнецке в ОАО "ЗСМК" [7]. Эксплуатация комплектов составных прокатных валков на проволочном стане проходила без существенных замечаний по качеству поверхности ручьев и надежности крепления бандажей. Стойкость овальных и круглых калибров составных валков в 7,4–9,7 раза выше стойкости аналогичных калибров цельнолитых чугуновых валков. За период эксплуатации на "ЗапСиб" на двух комплектах валков фирмы Sandvik прокатано 867597 т, что соответствует количеству металла, прокатанному на 17 комплектах чугуновых валков.

Библиографический список

1. Полухин В.П., Полухин П.И., Николаев В.А. Составной рабочий инструмент прокатных станов. М.: Металлургия, 1977. 88 с.
2. Опыт производства и эксплуатации прокатных валков для сортовых и проволочных станов / Бабенко М.А., Белий Н.П., Дарда Ю.А. и др. // Труды шестого конгресса прокатчиков. Липецк, 2005. С. 499.
3. Составные прокатные валки: Монография / Белевский Л.С., Фиркович А.Ю., Судоргин И.В. и др.. Магнитогорск: МГТУ, 2004.
4. Левандовский С.А. Повышение результативности сортовых станов путем совершенствования модели управления качеством: Дис. ... канд. техн. наук. Магнитогорск: МГТУ, 2006.
5. Тулупов О.Н. Структурно-матричные модели для повышения эффективности процессов сортов прокатки: Монография. Магнитогорск: МГТУ, 2002. 224 с.
6. Методы моделирования настройки сортопрокатных станов / С.А. Левандовский, А.Б. Моллер, О.Н. Тулупов, А.А. Зайцев // Труды междунар. науч.-техн. конф. 20–22 сентября 2005 г. СПб., 2005. С. 66–69.
7. Эксплуатация составных валков на проволочном стане Западно-сибирского металлургического комбината / А.И. Погорелов, М.В. Никиташев, Н.П. Калинин, Б.М. Чегодаев, В.В. Саломыкин // Бюл. "Черная металлургия". 2002. № 10. С. 32–33.

УДК 621.771.237:621.771.23.016

М.И. Румянцев, Г.А. Завалицин, И.Б. Сапожников, Д.Е. Борковой

ОЦЕНИВАНИЕ ПОВЫШЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ХОЛОДНОКАТАНОГО ЛИСТОВОГО ПРОКАТА ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ СТАЛИ С ПОНИЖЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ УГЛЕРОДА

В настоящее время наблюдается устойчивая тенденция к росту производства холоднокатаного проката из низкоуглеродистой стали с содержанием углерода менее 0,02%, которая должна иметь повышенную штампуемость как без покрытия, так и с цинковым покрытием. Пониженные прочностные свойства горячекатаного проката из подобных сталей в некоторой степени облегчают задачу получения холоднокатаной полосы с высокой планшетностью, а также способствуют расширению возможностей производства горячекатаных листов и полос для замещения холоднокатаных. Ранее были выполнены исследования, в результате которых установлено, что для обеспечения свойств готового проката на

уровне $\sigma_T=240-290$ МПа, $\sigma_B=320-350$ МПа и $\delta_4=36-41\%$ на широкополосном стане горячей прокатки должны обеспечиваться температура конца прокатки 920–930 и температура смотки около 650°C, а также разработан режим охлаждения на отводящем рольганге [1–2].

Так как сталь с пониженным содержанием углерода обладает низким сопротивлением деформации, становится возможным увеличить толщину подката для производства холоднокатаной стали. Однако при этом эффект, заключающийся, например, в увеличении производительности ШСП, может быть нивелирован трудностями переработки металла в цехе холодной прокатки. Так, увеличение толщины подката приве-