

Из таблицы видно, что рационально распределены обжатия по проходам исходя из максимально допустимой силы прокатки равной 33,5 МН и максимального обжатия за один проход 50%, а также температура конца прокатки удовлетворяет температурным требованиям в диапазоне 860-920°С.

Видно, что температура конца прокатки и при 5 и при 7 м/с удовлетворяет температурным требованиям в диапазоне 860-920°С и полоса не требует дополнительного охлаждения или термической обработки.

Вивод. В результате математического моделирования (с использованием разработанного метода) условий прокатки полос, для подкатов толщиной 50 и 30 мм и скоростей прокатки 5 и 7 м/с установлено, что при подкате 50 мм условие требуемого температурного диапазона 860-920°С выполняется при условии скорости прокатки не более 5 м/с, а для подката толщиной 30 мм целесообразно применение скоростей прокатки не более 7 м/с.

Список литературы: 1. *Матвеев Б.Н.* Совершенствование оборудования и расширение применения станов с моталками в печах за рубежом. // Черная металлургия. – №10. 2004. – С. 50-54. 2. *Коновалов Ю.В.* Пути решения температурной задачи прокатки моталками / Ю.В. Коновалов, А.С. Хохлов // Обработка материалов давлением : сборник научных трудов. – Краматорск : ДГМА, 2012. – №2(31) С.185-188. 3. *Третьяков А.В., Зюзин В.И.* Механические свойства металлов и сплавов при обработке давлением / М.: Металлургия. 1973. – 225 с. 4. *Матвеев Б.Н.* Применение станов с моталками в печах для производства толстых листов и широких полос. // Прокатное производство. – №6. 2000. – С. 10-15.

Надійшла до редколегії 16.10.2012

УДК 621.477

Математическое моделирование условий прокатки на станах стеккеля/ Коновалов Ю.В., Хохлов О.С. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2012. – №47(953). – С. 130-133. – Бібліогр.: 4 назви.

Зроблено аналіз методик розрахунку енергосилових параметрів прокатки, обрано 2 основні методики, які підходять для умов табору Стеккеля, це методика А.І. Целікова і методика М.Я. Бровмана. Розроблено нову методику розрахунку сили прокатки для стана Стеккеля, яка включає в себе розрахунок температури за новою запропонованою формулою перевіреною експериментом в промислових умовах. Виконано моделювання процесу прокатки для різних вихідних даних.

Ключові слова: прокатка, методика, розрахунок, стан Стеккеля, сила прокатки, швидкість прокатки, температура.

The paper made analysis methods for calculating energy-power parameters of rolling, selected two main methods that are appropriate for the conditions of Steckel mill, a technique of AI Tselikova and methods MJ Brovman. A new method of calculation of rolling force for Steckel mill, which includes the calculation of the temperature on the new proposed formula verified by experiment in an industrial environment. Been simulation of the rolling process for different input data.

Keywords: rolling, method, calculation, Steckel mill, rolling force, rolling speed, temperature.

УДК 621.771.07

Ю. В. КОНОВАЛОВ, докт. техн. наук, проф., ГВУЗ «ДонНТУ», Донецк
А. С. ПЕТРЕНКО, аспирант, ГВУЗ «ДонНТУ», Донецк

МЕЖКОНТАКТНЫЕ УСЛОВИЯ РАБОТЫ ОПОРНЫХ И РАБОЧИХ ВАЛКОВ С РАЗЛИЧНОЙ ДЛИНОЙ БОЧКИ НА ТОЛСТОЛИСТОВОМ РЕВЕРСИВНОМ СТАНЕ

Выполнена оценка возможности увеличения длины бочки рабочих валков действующих реверсивных толстолистовых станов без изменения длины бочки опорных валков и конструкции клетки. Осуществлено математическое моделирование деформации валкового узла системы рабочий-опорный валок четырехвалковой клетки. Установлено, что для условий стана 3000 ПАО «ММК им. Ильича» установка рабочих валков увеличенной длины возможна, что позволяет расширить сортамент стана.

Ключевые слова: валок, межконтактные условия, длина бочки валка, прогиб, профилировка.

© Ю. В. Коновалов, А. С. Петренко, 2012

Постановка проблемы. Одним из резервов расширения сортамента листов по ширине, производимого на ряде толстолистовых станов за рубежом является применение рабочих валков с увеличенной длиной бочки при неизменных опорных валках. Эксплуатация валков такого монтажа приводит к существенным изменениям межконтактных условий работы прокатных валков, во многом от которых зависит поперечный профиль и плоскостность прокатываемых полос, а также срок их эксплуатации.

Анализ последних исследований и публикаций. Ряд существующих методик расчета деформаций валков, являются методиками проводящими черту под одним из этапов становления науки, изучающей деформацию валков [1-3], общим недостатком приведенных методик расчета деформации четырехвалковых систем, является то, что фактический профиль рабочих и опорных валков в них либо не учитывался, либо учитывался приближенно. На основе других, определено появление новых методик [4,5], характеризующихся переходом на компьютерный расчет межконтактных условий и деформации валков.

Сведений о работе валков при длине рабочих валков, превышающей длину не только бочки опорных валков, но и ширину прокатываемых листов нами не обнаружена.

Цель статьи. Оценка возможности применения прокатных валков с различной длиной бочки рабочих валков системы опорный-рабочий валок с учетом межконтактных условий работы валковых систем кварто, в зависимости от профиля валков, их диаметра, разности длин бочек рабочих, опорных валков и ширины прокатываемых листов.

Изложение основного материала. В отличие от деформации валков двухвалковых клетей, которая выражается прогибом под действием распределенной по длине бочки валка нагрузки со стороны полосы, деформация в четырехвалковых клетях значительно сложнее и представляет собой действие сил со стороны прокатываемого металла, приводящее к упругому прогибу осей рабочих и опорных валков, а также их упругое сжатие в зоне контакта рабочий – опорный валок и упругое сжатие рабочих валков на контакте с прокатываемой полосой [6]. Любая деформация системы опорный – рабочий валок; рабочий валок – прокатываемая полоса, сопровождается напряженным состоянием каждой отдельной точки, в каждом отдельном объекте системы.

В действительности на листовых станах в результате профилирования, теплового расширения и износа валков между рабочими и опорными валками в нагруженном состоянии образуются зазор. Последние, оказывают значительное влияние во время деформации металла на распределение межвалковых давлений по длине бочки и упругий прогиб валков.

В мировой практике появилась тенденция применения в клетях кварто ТЛС рабочих валков с длиной бочки большей, чем опорных. Созданная, так называемая, диспропорция валкового узла, нашла применение на ряде зарубежных станов.

Таблица 1. Сравнительная характеристика длин рабочих и опорных валков

№ п/п	Наименование объекта	Диаметр валков рабочих/опорных	P, т	V, м/сек	Длина бочки валков рабочих/опорных I/L	Ширина раската В, мм	B-L, мм
1	2	3	4	5	6	7	8
1	ТЛС-5500 Dillinger	1180/2400	13000	7,0	5500/5230	1000-5400	170
2	ТЛС-3600 «Азов-сталь»	1030/1800	4600	6,0	3600/3400	1500-3350	-50
3	ТЛС-3600 Польша	1000/1800	4500	6,0	3600/3400	1000-3350	-50
4	ТЛС-3600 Индия	1120/1400	4500	6,0	3600/3400	900-3350	-50
5	ТЛС-2800 Север-сталь	1000/1570	3000	5,0	2800/2800	2000-2680	-120

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8
6	ТЛС-2000 «Красный октябрь»	1120/1800	4500	5,0	2000/2000	2140-4800	-180
7	ТЛС-5000 Ижора	1120/2360	9000	6,0	5000/4780	1700-4800	0
8	ТЛС-5100 Mannesman Rohren	1140/2000	6000	5,1	5100/4850	1200-4950	100
9	ТЛС-4000 Swedish Steel Oxelozund	1060/2150	10000	9,8	4000/3600	900-3500	-100
10	ТЛС-2800 АО «НОСТА»	1150/1780	6000	5,4	2800/2600	2500-2650	50
11	ТЛС Sumitomo Касума	1000/2000	8300	5,2	4724/4597	max раскат/ 4612	15
12	ТЛС Nippon Steel Кимицу	1000/2000	7000	9,4	4724/4597	max раскат/ 4612	15
13	ТЛС Italsider Торонто	1020/2000	-	5,8	4826/4670	max раскат/ 4612	115
14	ТЛС в Дагерфорде	950/1450	3000	-	3560/3030	500-3300	270

Это вызывает существенные изменения в методах расчета, однако в литературе не найдена оценка межконтактных условий работы таких комплектов валков.

Авторами проведено математическое моделирование условий работы валков в привязке к условиям прокатки на стане 3000 ПАО «ММК им. Ильича», выполнено исследование влияния соотношения длины бочки опорного валка и ширины прокатываемой полосы, силы прокатки и профилировки валков на межвалковое давление, прогиб валка и поперечную разнотолщинность раската.

Выбор стана обусловлен как интересом со стороны специалистов меткомбината, так и возможностью проведения на стане 3000 исследований. Исходя из долевого распределения сортамента по ширине, за последние 3 года лишь 18% раскатов прокатывается шириной 1500-2000 мм, а свыше 2000 мм составляет 82%, что говорит о целесообразности дальнейшего увеличения ширины прокатываемых полос. В целом стан 3000 сравнительно новый ТЛС, имеет оборудование, с запасом по жесткости клетей, установлены условия не превышения допустимой силы прокатки 68,7 МН и суммарных крутящих моментов 4,63 МНм.

Анализ показал принципиальную возможность увеличения длины бочки рабочих валков с 3100 до 3400 мм с сохранением существующей длины опорных валков 2980 мм, максимально возможная ширина прокатываемых полос принята 3200 мм, в таком случае ширина раската становится на 220 мм больше длины бочки опорных валков, что должно существенно изменять значения межвалковых давлений. В зависимости от ширины прокатываемой полосы и длины бочки валков (B/L_6), диаметра рабочего валка и длины его бочки ($D_{\text{раб}}/L_6$), изменяется эпюра межвалковых давлений, так при малых значениях B/L_6 , эпюра межвалкового давления имеет максимум посередине длины бочки, а при больших значениях – максимальные значения по краям бочки. Исключительно в частных случаях при оптимальных соотношениях B/L_6 , межвалковое давление распределяется равномерно.

При расчете в качестве исходных данных приняты:

1. Материал валков: опорных – сталь; модуль упругости $E=2,1 \cdot 10^8 \text{ Н/мм}^2$; модуль сдвига $G=0,808 \cdot 10^8 \text{ Н/мм}^2$; коэффициент Пуассона $\mu=0,3$; рабочих – чугун, $E=1,7 \cdot 10^8 \text{ Н/мм}^2$; $G=0,67 \cdot 10^8 \text{ Н/мм}^2$; $\mu=0,27$;

2. Диаметр валков: опорных – 2100, рабочих – 1000 мм;

3. Длина бочки валков: опорных – 2980 мм, рабочих – 3100 и 3400 мм;
4. Межцентровое расстояние между осями нажимных винтов чистовой клетки 4700 мм;
5. Сила прокатки 50 и 40 МН;
6. Существующие профилировки валков стана 3000 (рис.1)

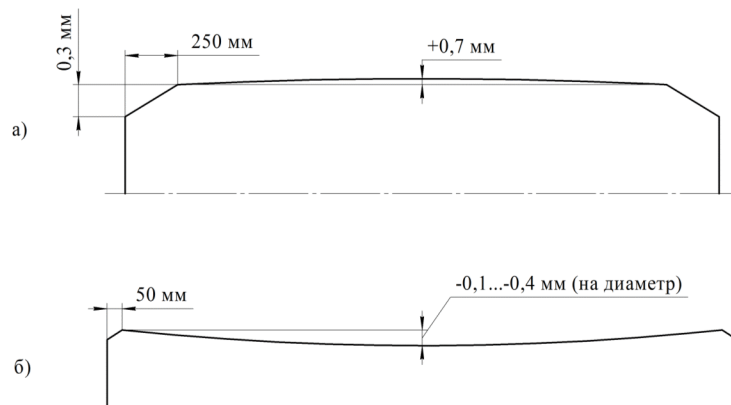


Рис.1 – Схемы профилировок опорных (а) и рабочих (б) валков чистовой клетки стана 3000

Результаты расчёта приведены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты математического моделирования условий работы валков чистовой клетки стана 3000 при скосах на краях бочки опорных валков 0,3×250 мм и профилировке рабочих валков минус 0,2 мм

№ варианта	L _б рабочих валков мм	В раската мм	Р МН	Межвалковое давление, Н/мм			Прогиб валков, мм		R _t мм	Δh мм
				q _{кр}	q _{ср}	q _{max}	Y _p	Y _{оп}		
1	3100	1500	40	5,5	14,32	18,55	0,183	0,059	0,014	0,48
2	3100	2500	50	2,6	15,29	23,44	0,479	0,083	0,047	0,33
3	3400	1500	40	8,7	13,4	16,65	0,205	0,065	0,014	0,08
4	3400	2900	50	4,8	14,34	26,81	0,466	0,098	0,45	0,2
5	3400	3200	50	4,9	14,13	27,35	0,517	0,099	0,5	0,37

Условные обозначения: L_б – длина бочки рабочих валков; В – ширина раскатов; Р – сила прокатки; q_{кр}, q_{ср}, q_{max} – величина межвалкового давления соответственно на краях и середине бочки опорных валков и их максимальное значение; y_p – упругий прогиб рабочих валков; y_о – упругий прогиб опорных валков; R_t – неравномерность теплового расширения (тепловая выпуклость) бочки рабочих валков; Δh – расчетная поперечная разнотолщинность.

Из таблицы видно, что прогиб рабочих валков, показан на рис.2, 3 определяется не столько прогибом опорных валков, сколько величиной неравномерного сжатия валков по длине межвалковой зоны контакта рабочего и опорного валков. Эту величину можно прогнозировать исходя из известных величин межвалковых зазоров.

Из таблицы также видно, что величина межвалковых давлений (рис.4, 5) на основном участке контакта рабочих валков с опорными выше, чем на краевых участках, что свидетельствует о малой вероятности их сколов.

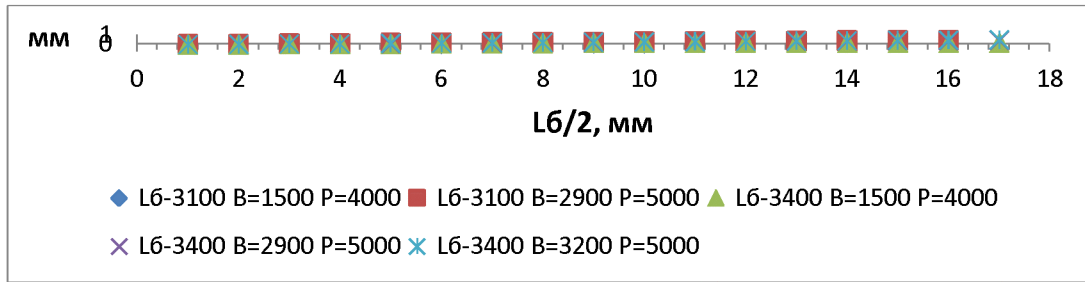


Рис. 2 – Прогиб рабочих валков для различных технологических условий чистой клетки

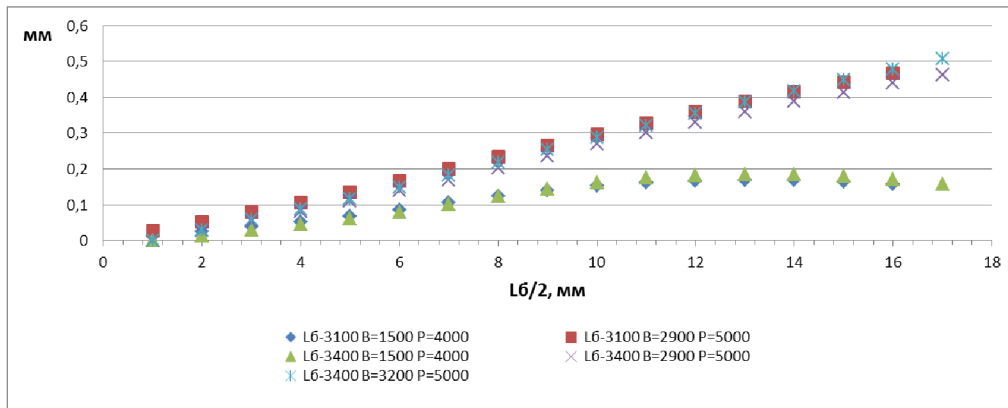


Рис. 3 – Прогиб рабочих валков для различных технологических условий черновой клетки

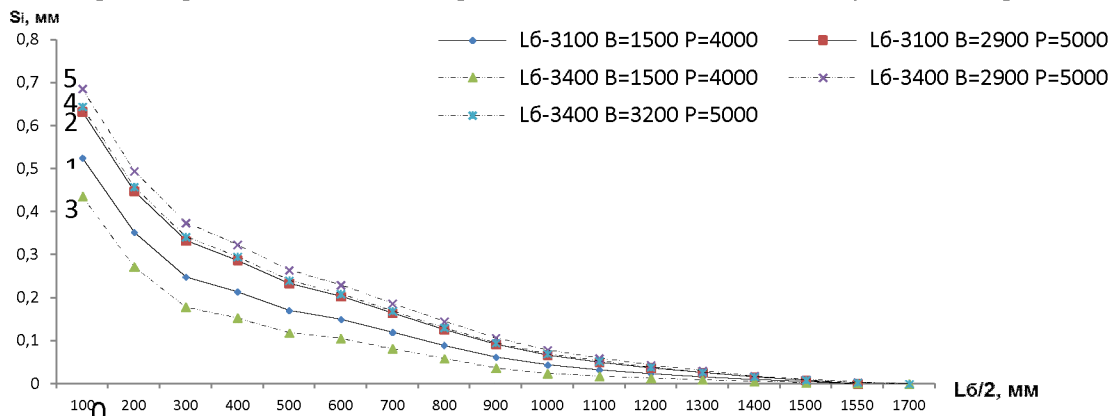


Рис. 4 – Расчётные значения межвалкового зазора при прокатке раскатов разной ширины в чистой клетки стана 3000:

1 – $L_6=3100$ $B=1500$ $P=4000$; 2 – $L_6=3100$ $B=2900$ $P=5000$, 3 – $L_6=3400$ $B=1500$ $P=4000$, 4 – $L_6=3400$ $B=2900$ $P=5000$, 5 – $L_6=3400$ $B=3200$ $P=5000$.

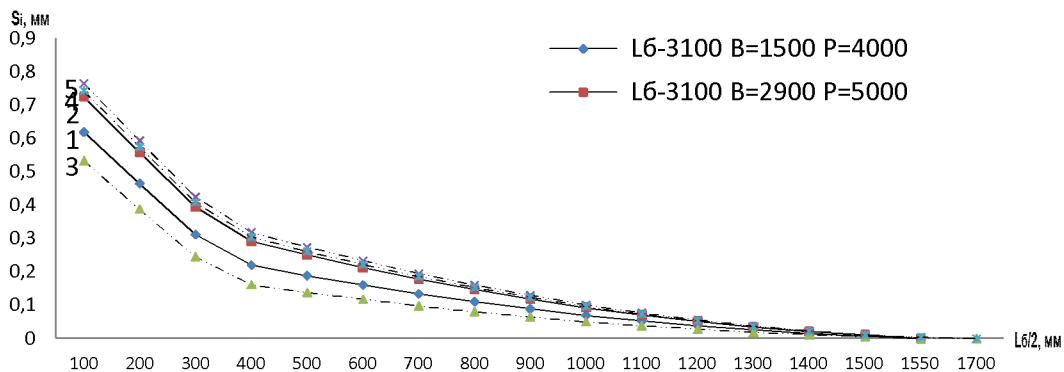


Рис. 5 – Расчётные значения межвалкового зазора при прокатке раскатов разной ширины в черновой клетки стана 3000:

1 – L6=3100 B=1500 P=4000; 2 – L6=3100 B=2900 P=5000, 3 – L6=3400 B=1500 P=4000, 4 – L6=3400 B=2900 P=5000, 5 – L6=3400 B=3200 P=5000.

Выводы. Методом математического моделирования определена возможность применения рабочих валков на стане 3000 с увеличенной длиной бочки при сохранении существующей длины бочки опорных валков.

Установлена оценка межконтактных условий работы прокатных валков системы кварто с учетом изменяемых размеров валков.

Список литературы: 1. Целиков А.И., Смирнов В.В. Прокатные станы. М.: Metallurgizdat, 1958. – 432 с. 2. Грудев П.И. Обработка металлов давлением. М.: Metallurgizdat, 1953, вып. 2. с. 200-223. 3. Полухин П.И., Железнов Ю.Д., Полухин В.П. Тонколистовая прокатка и служба валков. М.: Metallurgiya, 1967. – 388 с. 4. Будаева А.А., Коновалов Ю.В., Ткалич К.Н. и др. Профилирование валков листовых станов. – Киев: Техніка, 1986. – 190 с. 5. Полецков П.П. Повышение эффективности формоизменения при холодной листовой прокатке с применением валковой системы переменной по длине бочки жесткости. Автореф. диссерт. на соиск. уч. степ. канд. тех. наук, Магнитогорск, 2001. – 23 с.

Надійшла до редколегії 25.10.2012

УДК 621.771.07

Межконтактные условия работы опорных и рабочих валков с различной длиной бочки на толстолистовом реверсивном стане / Коновалов Ю. В., Петренко А. С. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2012. – №47(953). – С. 133-138. – Бібліогр.: 5 назв.

Виконано оцінку можливості збільшення довжини бочки робочих валків діючих реверсивних товстолистових станів без зміни довжини бочки опорних валків і конструкції кліті. Здійснено математичне моделювання деформації валкового вузла системи робочий-опорний валок чотиривалкової кліті. Встановлено, що для умов стану 3000 ПАТ «ММК ім. Ілліча» установка робочих валків збільшеної довжини можлива, що дозволяє розширити сортамент стану.

Ключові слова: валок, межконтактні умови, довжина бочки валка, прогин, профілювання.

The evaluation of the possibility of increasing the length of the barrel of the work rolls acting reversible plate mills without changing the length of the barrel rolls and design stand. Performed mathematical modeling of deformation of roller assembly worker support four-high roll stand. Found that the conditions for the mill 3000 «Ilyich Iron and Steel» installation work rolls increased length possible, thus expanding the range of products of the mill.

Keywords: roll, intercontact terms, length of barrel of roller, bending, profiling.

УДК 621.771.01

О. П. МАКСИМЕНКО, докт. техн. наук, проф., ДГТУ, Днепродзержинск
Р. Я. РОМАНЮК, ст. преподаватель, ДГТУ, Днепродзержинск

АНАЛИЗ ПРЕДЕЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ЗАХВАТА В УСТАНОВИВШЕМСЯ РЕЖИМЕ С УЧЁТОМ ВНУТРЕННЕГО НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПОЛОСЫ

В статье, на основе новой методики оценки устойчивости процесса деформации, теоретически проанализированы предельные условия в установившемся режиме при простом процессе прокатки и разных режимах трения. Теоретически исследовано влияние натяжения на устойчивость процесса и суммарный момент деформации. Предложены оптимальные величины натяжений при прокатке жести №20 на стане №1 комбината «Запорожсталь».

Ключевые слова: Контактные напряжения, сила, равновесие, устойчивый процесс, модель трения.

Введение. В статьях [1-3] разработана новая методика оценки продольной устойчивости процесса прокатки, которая заключается в определении безразмерного значения силы Q_{cp}^* или коэффициента устойчивости процесса деформации $K_{уст}$.

© О. П. Максименко, Р. Я. Романюк, 2012