

ISSN 2224-5227

2015 • 5

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ
БАЯНДАМАЛАРЫ

ДОКЛАДЫ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

REPORTS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ЖУРНАЛ 1944 ЖЫЛДАН ШЫҒА БАСТАҒАН
ЖУРНАЛ ИЗДАЕТСЯ С 1944 г.
PUBLISHED SINCE 1944



Б а с р е д а к т о р
ҚР ҰҒА академигі **М.Ж. Жұрынов**

Р е д а к ц и я а л қ а с ы:

хим.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Әдекенов С.М.** (бас редактордың орынбасары), эк.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Әділов Ж.М.**, мед. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Арзықұлов Ж.А.**, техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Бишімбаев У.К.**, а.-ш.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Есполов Т.И.**, техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Мұтанов Г.М.**, физ.-мат.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Өтелбаев М.О.**, пед. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Пралиев С.Ж.**, геогр.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Северский И.В.**; тарих.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Сыдықов Е.Б.**, физ.-мат.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Тәкібаев Н.Ж.**, физ.-мат.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Харин С.Н.**, тарих ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Әбүсейітова М.Х.**, экон. ғ. докторы, проф., ҰҒА корр. мүшесі **Бейсембетов И.К.**, биол. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Жамбакин К.Ж.**, тарих ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Кәрібаев Б.Б.**, мед. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Локшин В.Н.**, геол.-мин. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Өмірсеріков М.Ш.**, физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Рамазанов Т.С.**, физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Садыбеков М.А.**, хим.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Сатаев М.И.**; ҚР ҰҒА құрметті мүшесі, а.-ш.ғ. докторы, проф. **Омбаев А.М.**

Р е д а к ц и я к ең е с і:

Украинаның ҰҒА академигі **Гончарук В.В.** (Украина), Украинаның ҰҒА академигі **Неклюдов И.М.** (Украина), Беларусь Республикасының ҰҒА академигі **Гордиенко А.И.** (Беларусь), Молдова Республикасының ҰҒА академигі **Дука Г.** (Молдова), Тәжікстан Республикасының ҰҒА академигі **Илолов М.И.** (Тәжікстан), Қырғыз Республикасының ҰҒА академигі **Эркебаев А.Э.** (Қырғызстан), Ресей ҒА корр. мүшесі **Величкин В.И.** (Ресей Федерациясы); хим.ғ. докторы, профессор **Марек Сикорски** (Польша), тех.ғ. докторы, профессор **Потапов В.А.** (Украина), биол.ғ. докторы, профессор **Харун Парлар** (Германия), профессор **Гао Энджун** (КХР), филос. ғ. докторы, профессор **Стефано Перни** (Ұлыбритания), ғ. докторы, профессор **Богуслава Леска** (Польша), философия ғ. докторы, профессор **Полина Прокопович** (Ұлыбритания), профессор **Вуйцик Вольдемар** (Польша), профессор **Нур Изура Удзир** (Малайзия), д.х.н., профессор **Нараев В.Н.** (Ресей Федерациясы)

Главный редактор
академик НАН РК **М.Ж. Журинов**

Редакционная коллегия:

доктор хим. наук, проф., академик НАН РК **С.М. Адекенов** (заместитель главного редактора), доктор экон. наук, проф., академик НАН РК **Ж.М. Адилов**, доктор мед. наук, проф., академик НАН РК **Ж.А. Арзыкулов**, доктор техн. наук, проф., академик НАН РК **В.К. Бишимбаев**, доктор сельскохозяйств. наук, проф., академик НАН РК **Т.И. Есполов**, доктор техн. наук, проф., академик НАН РК **Г.М. Мутанов**, доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **М.О. Отелбаев**, доктор пед. наук, проф., академик НАН РК **С.Ж. Пралиев**, доктор геогр. наук, проф., академик НАН РК **И.В. Северский**, доктор ист. наук, проф., академик НАН РК **Е.Б. Сыдыков**, доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **Н.Ж. Такибаев**, доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **С.Н. Харин**, доктор ист. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Х. Абусентова**, доктор экон. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **И.К. Бейсембетов**, доктор биол. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **К.Ж. Жамбакин**, доктор ист. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Б.Б. Карибаев**, доктор мед. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **В.Н. Локшин**, доктор геол.-мин. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Ш. Омирсериков**, доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Т.С. Рамазанов**, доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.А. Садыбеков**, доктор хим. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.И. Сатаев**; почетный член НАН РК, доктор сельскохозяйств. наук, проф., **А.М. Омбаев**

Редакционный совет:

академик НАН Украины **Гончарук В.В.** (Украина), академик НАН Украины **И.М. Неклюдов** (Украина), академик НАН Республики Беларусь **А.И. Гордиенко** (Беларусь), академик НАН Республики Молдова **Г. Дука** (Молдова), академик НАН Республики Таджикистан **М.И. Илолов** (Таджикистан), член-корреспондент РАН **Величкин В.И.** (Россия); академик НАН Кыргызской Республики **А.Э. Эркебаев** (Кыргызстан), д.х.н., профессор **Марек Сикорски** (Польша), д.т.н., профессор **В.А. Потапов** (Украина), д.б.н., профессор **Харун Парлар** (Германия), профессор **Гао Энджун** (КНР), доктор философии, профессор **Стефано Перни** (Великобритания), доктор наук, профессор **Богуслава Леска** (Польша), доктор философии, профессор **Полина Прокопович** (Великобритания), профессор **Вуйчик Вольдемар** (Польша), профессор **Нур Изура Удзир** (Малайзия), д.х.н., профессор **В.Н. Нараев** (Россия)

«Доклады Национальной академии наук Республики Казахстан» ISSN 2224-5227

Собственник: Республиканское общественное объединение «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы)

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов Министерства культуры и информации Республики Казахстан №5540-Ж, выданное 01.06.2006 г.

Периодичность: 6 раз в год. Тираж: 3000 экземпляров

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, ком. 218-220, тел. 272-13-19, 272-13-18

<http://nauka-nanrk.kz>, reports-science.kz

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75

©Национальная академия наук Республики Казахстан, 2015 г.

Editor-in-chief

M.Zh. Zhurinov, academician of NAS RK

Editorial board:

S.M. Adekenov (deputy editor in chief), Doctor of Chemistry, prof., academician of NAS RK; **Zh.M. Adilov**, Doctor of Economics, prof., academician of NAS RK; **Zh.A. Arzykulov**, Doctor of Medicine, prof., academician of NAS RK; **V.K. Bishimbayev**, Doctor of Engineering, prof., academician of NAS RK; **T.I. Yespolov**, Doctor of Agriculture, prof., academician of NAS RK; **G.M. Mutanov**, Doctor of Physics and Mathematics, prof., academician of NAS RK; **M.O. Otelbayev**, Doctor of Physics and Mathematics, prof., academician of NAS RK; **S.Zh. Praliyev**, Doctor of Education, prof., academician of NAS RK; **I.V. Seversky**, Doctor of Geography, prof., academician of NAS RK; **Ye.B. Sydykov**, Doctor of Historical Sciences, prof., academician of NAS RK; **N.Zh. Takibayev**, Doctor of Physics and Mathematics, prof., academician of NAS RK; **S.N. Kharin**, Doctor of Physics and Mathematics, prof., academician of NAS RK; **M.Kh. Abuseitova**, Doctor of Historical Sciences, prof., corr. member of NAS RK; **I.K. Beisembetov**, Doctor of Economics, prof., corr. member of NAS RK; **K.Zh. Zhambakin**, Doctor of Biological Sciences, prof., corr. member of NAS RK; **B.B. Karibayev**, Doctor of Historical Sciences, prof., corr. member of NAS RK; **V.N. Lokshin**, Doctor of Medicine, prof., corr. member of NAS RK; **M.Sh. Omirserikov**, Doctor of Geology and Mineralogy, prof., corr. member of NAS RK; **T.S. Ramazanov**, Doctor of Physics and Mathematics, prof., corr. member of NAS RK; **M.A. Sadybekov**, Doctor of Physics and Mathematics, prof., corr. member of NAS RK; **M.I. Satayev**, Doctor of Chemistry, prof., corr. member of NAS RK; **A.M. Ombayev**, Honorary Member of NAS RK, Doctor of Agriculture, prof.

Editorial staff:

V.V. Goncharuk, NAS Ukraine academician (Ukraine); **I.M. Neklyudov**, NAS Ukraine academician (Ukraine); **A.I. Gordienko**, NAS RB academician (Belarus); **G. Duca**, NAS Moldova academician (Moldova); **M.I. Iolov**, NAS Tajikistan academician (Tajikistan); **A.E. Erkebayev**, NAS Kyrgyzstan academician (Kyrgyzstan); **V.I. Velichkin**, RAS corr.member (Russia); **Marek Sikorski**, Doctor of Chemistry, prof. (Poland); **V.A. Potapov**, Doctor of Engineering, prof. (Ukraine); **Harun Parlar**, Doctor of Biological Sciences, prof. (Germany); **Gao Endzhun**, prof. (PRC); **Stefano Perni**, Doctor of Philosophy, prof. (UK); **Boguslava Leska**, dr, prof. (Poland); **Pauline Prokopovich**, Doctor of Philosophy, prof. (UK); **Wójcik Waldemar**, prof. (Poland), **Nur Izura Udzir**, prof. (Malaysia), **V.N. Narayev**, Doctor of Chemistry, prof. (Russia)

Reports of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

ISSN 2224-5227

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty)

The certificate of registration of a periodic printed publication in the Committee of Information and Archives of the Ministry of Culture and Information of the Republic of Kazakhstan N 5540-Ж, issued 01.06.2006

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 2000 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of.219-220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,

<http://nauka-nanrk.kz> / reports-science.kz

Address of printing house: ST "Aruna", 75, Muratbayev str, Almaty

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2015

REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ISSN 2224-5227

Volume 5, Number 303 (2015), 58 – 64

UDC: 621.771.23/.26:669.1

**STUDY OF THE INFLUENCE OF ROLLING FORCE
ON THE FORMATION OF TRANSVERSE PROFILE OF STRIPS
ROLLED ON THE MULTIFUNCTION LONGITUDINAL WEDGE MILL**

**Mashekov S.A., Orlova E.P., Absadykov B.N.,
Issametova M.E., Masheкова A.S., Rakhmatulin M.L.**

b_absadykov@mail.ru

Kazakh National Research Technical University after K.I. Satpayev, Almaty, Republic of Kazakhstan

Key words: Design, mill, line, strip.

Abstract. The design of the multipurpose longitudinal wedge rolling mill in which working rolls in each cage have constant diameter is presented in work, and in consistently located cages diameter of rolls decreases in the direction of rolling. The design of a mill allows to regulate a cross polythickness and a flatness of the rolled strips, and also to choose rational technological parameters of rolling.

It is established that when rolling in a multipurpose mill the most uniform distribution of interroll pressure turns out when rolling strips with a width $In = 100-200$ mm.

It is revealed that the most uniform distribution of interroll pressure on length of a barrel of rolls turns out when rolling strips with ratio $B/L = 0,25$, and at reduction of D_w/D_{sup} along the line of rolling.

УДК: 621.771.23/.26:669.1

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УСИЛИЯ ПРОКАТКИ НА ФОРМИРОВАНИЕ
ПОПЕРЕЧНОГО ПРОФИЛЯ ПОЛОС, ПРОКАТАННЫХ НА
МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОМ ПРОДОЛЬНО-КЛИНОВОМ СТАНЕ**

**Машеков С.А., Орлова Е.П., Абсадыков Б.Н.,
Исаметова М.Е., Машекова А.С., Рахматулин М.Л.**

Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева, Алматы,
Республика Казахстан.

Ключевые слова. Конструкция, прокатный стан, линия, полоса.

Аннотация. В работе представлена конструкция многофункционального продольно-клинового прокатного стана, в которой рабочие валки в каждой клети имеют постоянный диаметр, а в последовательно расположенных клетях диаметр валков уменьшается в направлении прокатки. Конструкция стана позволяет регулировать поперечную разнотолщинность и планшетность прокатываемых полос, а также выбрать рациональные технологические параметры прокатки.

Установлено, что при прокатке в многофункциональном стане наиболее равномерное распределение межвалкового давления получается при прокатке полос с шириной $B = 100-200$ мм.

Выявлено, что наиболее равномерное распределение межвалкового давления по длине бочки валков получается при прокатке полос с соотношением $B/L = 0,25$, и при уменьшении $D_{раб}/D_{оп}$ вдоль линии прокатки.

Конъюнктурные изменения на рынке листовой продукции вызывают необходимость в постоянном совершенствовании технологии производства, обеспечивающей повышение конкурентоспособности готовой продукции, т.е. улучшении качества тонких полос [1,2]. Это, в свою очередь, требует создания новых или совершенствования уже существующих технологических процессов и приемов, позволяющих повысить конкурентоспособность готовой

продукции.

Одним из путей повышения конкурентоспособности листового проката является снижение его продольной разнотолщинности [3]. На продольную разнотолщинность холоднокатаных полос оказывают влияние ряд технологических параметров, таких как колебание натяжения полосы, биение валков, всплытие подшипников. Однако основным параметром продольной разнотолщинности является продольная разнотолщинность горячекатаного подката.

В настоящее время для прокатки полос с заданной толщиной, профилем и планшетной формой ведутся работы, направленные на создание новых технологий прокатки, совершенствование существующего прокатного оборудования, разработку новых конструкций прокатных станов и валковых систем, проектирование автоматических систем управления толщиной, профилем и планшетностью прокатываемых полос [1]. Установлены и исследованы следующие факторы, приводящие к нарушению планшетности листового металла: поперечная разнотолщинность подката, неравномерность обжатия по ширине очага деформации, вызванная, к примеру, упругим изгибом валковой системы, тепловой выпуклостью валков, сплющиванием и износом бочек валков и др. Поэтому при определении оптимальных соотношений размеров элементов рабочей клетки основное внимание, прежде всего, необходимо уделять выбору оптимальных соотношений в системе валков.

Авторами [1] было установлено, что при прокатке на четырехвалковом стане (с определенным соотношением $L/D_{оп}$) каждому диаметру рабочего валка (или отношению $D_{раб}/D_{оп}$) соответствует вполне определенная ширина прокатываемой полосы (или отношение B/L), при которой достигается равномерное распределение межвалкового давления по длине контакта валков.

На основе экспериментальных исследований авторами было определено, что равномерное распределение межвалкового давления может достигаться как изменением диаметра рабочего валка (или отношения $D_{раб}/D_{оп}$), так и изменением ширины полосы (или отношения B/L).

Известно, что на станах холодной прокатки коэффициент выравнивания $K_B = (\delta h_0/h_0)/(\delta h_1/h_1)$ (где $\delta h_0/h_0$, $\delta h_1/h_1$ - относительная разнотолщинность полосы до и после пропуска) составляет 1,6...0,6 [1], т.е. холодная прокатка позволяет не только уменьшить, но и увеличить продольную разнотолщинность полос.

Важно также отметить, что для регулирования поперечной и продольной разнотолщинности и планшетности прокатываемых полос необходимо совершенствовать энергосиловые параметры и тепловой режим прокатки, валки стана горячей прокатки, упругий профиль и шлифовочную профилировку валков. Из выше сказанного следует, что для того чтобы уменьшить отклонения нормируемых характеристик поперечного профиля горячекатаных полос (поперечной разнотолщинности, клиновидности, местных отклонений толщины, смещения вершины) до значений, определяемых более жесткими допусками, необходимо воздействовать на вышесказанные факторы, оказывающие влияние на точность формирования поперечного профиля [1].

Некоторые аспекты моделирования упругого сплющивания и теплового режима полос и валков станов для горячей прокатки публиковались в последние 15-20 лет [2], однако комплексное исследование, позволяющее вычислять выходные геометрические параметры прокатываемых листов в зависимости от технологических параметров процесса прокатки и управляющих воздействий, до сих пор отсутствует. Это объясняется сложностью задачи и необходимостью выполнять промышленные исследования на крупном, высокопроизводительном металлургическом оборудовании, где крайне ограничены возможности для научных экспериментов.

Для снижения продольной разнотолщинности применяют различные технологические приемы [1-10]: сдвиг рабочих валков, их скрещивание, системы противоизгиба и гидрораспора, различные варианты асимметричной прокатки (неодинаковые диаметры и угловые скорости приводных валков, разные коэффициенты трения на верхнем и нижнем валке и т.п.).

Применение асимметричной прокатки, по сравнению с другими способами регулирования, имеет следующие преимущества [1-10]. Во-первых, создание асимметрии не требует установки дополнительного оборудования, т.е. капитальные затраты на ее реализацию меньше. Во-вторых, асимметрия уменьшает подпирающее влияние сил трения на контакте валка с полосой на силу прокатки и, следовательно, снижает нагрузку на клеть (станины, валки, подшипники и т.д.).

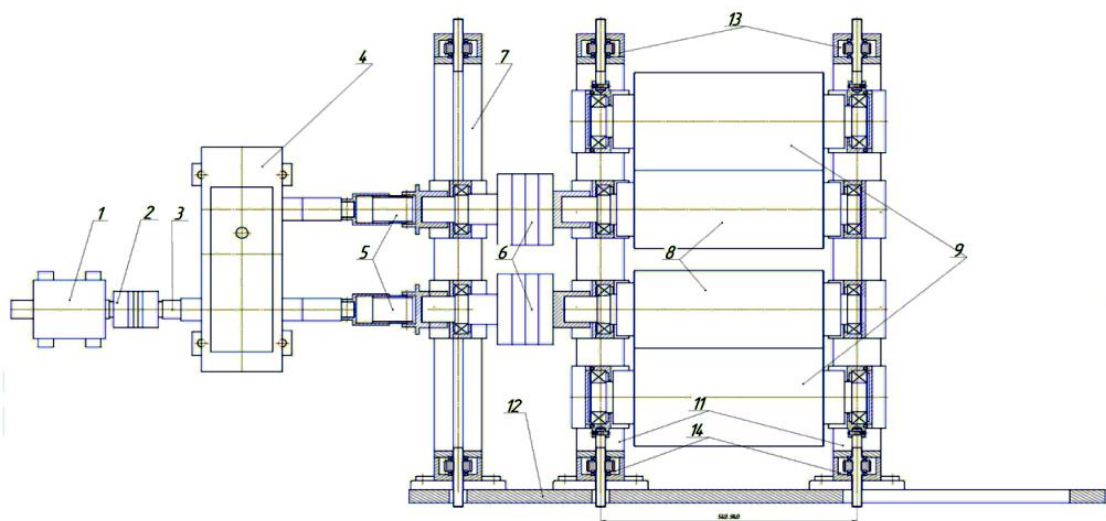
Таким образом, при незначительных затратах на реализацию процесса использования

асимметрии при прокатке позволяет снизить силу прокатки, расход энергии на прокатку и разнотолщинность листового проката [1-4]. Кроме того, создание асимметрии при прокатке позволяет воздействовать как на форму листов и полос [5-7], так и на шероховатость их поверхности [8], а также влиять на текстуру деформации листового материала [9-10].

Необходимо отметить, что совершенствование энергосиловых параметров, а также теплового режима прокатки полос – актуальная задача не только для цехов горячей прокатки, но и в целом для листопрокатного производства. Эффективное решение этой задачи возможно на основе совершенствования прокатного оборудования и валковых систем, разработки автоматических систем управления толщиной, профилем и планшетностью прокатываемых полос, создания новых способов прокатки и валковых систем для их реализации.

По нашему мнению, лучшим методом регулирования поперечной разнотолщинности и планшетности является оптимизация режимов обжатий и усилия горячей прокатки. С этой целью нами разработана конструкция многофункционального продольно-клинового прокатного стана [11], позволяющая назначить рациональные технологические параметры прокатки.

Многофункциональный продольно-клиновой стан для прокатки листов из сталей и сплавов содержит: электродвигатели, редукторы, шестеренные клетки, универсальные шпиндели, муфты, клетки с рабочими и опорными валками (рисунок 1). При этом, в первых трех клетях установлены два, а в последних двух клетях, четыре опорных валка. Вращение уменьшающихся в направлении прокатки рабочих валков осуществляется через подшипниковые клетки пятью мотор-редукторами с угловой скоростью $\omega = v \cdot R$ (где v – скорость прокатки в каждой клетке стана; R – радиус рабочих валков в каждой клетке стана). При этом расстояния между клетями увеличены на величину опережения, а регулировку расстояний между рабочими валками производят едиными червячными нажимными механизмами, расположенными сверху и снизу станин стана и подшипниковых клеток.



1 - мотор-редуктор; 2 – муфта; 3 – вал; 4 - шестеренная клеть; 5 и 6 – шпиндели; 7 - подшипниковая клеть;
8 - рабчие валки; 9 (первых трех клетей) и 10 (последних двух клетей, не показаны) – опорные валки;
11 – станина; 12 - опорные плиты; 13 и 14 - нажимные механизмы

Рисунок 1 - Продольно-клиновой стан для прокатки листов

Прокатку полос из стали и сплавов на многофункциональном продольно-клиновом стане осуществляют следующим образом. Смотанные или непрерывно разлитые тонколистовые слябы (толщина тонкого сляба должна соответствовать максимальному углу захвата для валков, установленных в первых клетях) поступают в разматыватели или входную часть для прокатки. Начало тонких слябов через тянущие и правильные ролики сварочной машины, накопителя полосы с петлевыми тележками, натяжных роликов, или только через устройства для измерения толщины поступает на прокатку в первую клеть предлагаемого стана. При прокатке тонкой полосы

через последовательно расположенные в направлении прокатки клетки, у которых расстояния между рабочими валками от одной клетки к другой увеличиваются на величину опережения в данной клетки, происходит уменьшение высоты и достигается требуемая толщина полосы.

Необходимо отметить, что рабочие валки в каждой клетки имеют постоянный диаметр, а в последовательно расположенных клетях диаметр валков уменьшается в направлении прокатки. На выходе происходит разрезка тонкой полосы или смотка ее в рулоны.

Выполнение диаметров рабочих валков с уменьшением в направлении прокатки позволяет значительно снизить давление металла на валки в клетях, расположенных в конце прокатного стана, и повысить жесткость стана. Снижение усилий, действующих на валки, а также повышение жесткости стана позволяет уменьшить размеры клеток и мощность привода с одной стороны, и повысить точность прокатываемой полосы с другой стороны.

Увеличение расстояния между рабочими валками от одной клетки к другой на величину опережения в данной клетки позволяет уменьшить до заданной величины межклетевое натяжение. Это достигается за счет строгого выполнения постоянства секундных объемов при прокатке в различных клетях. Уменьшение межклетевого натяжения до заданной величины позволяет избежать разрыва полос в процессе прокатки с одной стороны и уменьшить энергосиловые параметры прокатки с другой стороны.

Осуществление вращения валков от пяти мотор-редукторов переменного тока через пять шестеренных клеток позволяет с минимальной величиной производственного шума прокатать полосы из сталей и сплавов.

Осуществление вращения валков рабочих клеток через пять подшипниковых клеток позволит строго горизонтально расположить шпиндели, что в свою очередь позволит без вибрационной нагрузки передавать крутящие моменты к рабочим валкам клеток стана. Все это способствует получению полос с точными геометрическими размерами.

Изготовление первых трех клеток стана с двумя опорными валками, а последних двух клеток стана – с четырьмя опорными валками обеспечивает минимальную упругую деформацию рабочих валков последних клеток стана и тем самым позволяет получить полосы с минимальной разнотолщинностью.

Регулировка расстояния между валками едиными червячными нажимными механизмами, расположенными сверху и снизу станины стана и подшипниковых клеток, позволит прокатывать листы строго симметрично относительно оси прокатки, что позволит получать полосы без изгиба и разрыва с минимальной разнотолщинностью.

Для расчета межвалкового давления использовали техническую характеристику рабочих клеток предлагаемого многофункционального продольно-клинового стана. В качестве объекта исследования была выбрана валковая система клетки проектируемого многофункционального стана со следующими параметрами:

- диаметр рабочих валков: первая клеть – 180 мм; вторая клеть – 150 мм; третья клеть – 117 мм; четвертая клеть – 105 мм; пятая клеть – 72 мм;
- диаметр опорных валков – 220 мм;
- длина бочек – 400 мм;
- максимальное усилие прокатки – 6,36 МН;
- ширина прокатываемой полосы – от 100 до 380 мм.

Для определения межвалкового давления $q_M(x)$ в точке с произвольной координатой $x(\xi)$ использовали формулу [12]

$$q_M(x) = q_M(\xi) = a_0 + \frac{4a_2}{L^2} \left(x - \frac{L}{2}\right)^2 = a_0 + 4a_2(\xi - 0,5)^2. \quad (1)$$

где $\xi = x/L$ - приведенная абсцисса перемещающейся точки.

Для расчета величин a_0 и a_2 использовали следующее соотношение:

$$a_0 = \frac{(8252 - 34\alpha)q_{M.c.p} - 13440B_0\alpha}{13440 + 29\alpha};$$

$$a_2 = 3(q_{M.c.p} - a_0),$$

$$\text{где } q_{M.c.p} = P/L.$$

Расчетную величину B_0 определяли по формуле:

$$B_0 = \frac{q_{II}}{120}(\beta_K^5 - \beta_H^5) - \frac{q_n}{96}(\beta_K - \beta_H) - \frac{q_{II}}{24}(0,5 - \beta_H)^4,$$

где $\beta_H = l_H / L$ - приведенное расстояние от левого конца валка до начала распределенной нагрузки; $\beta_K = l_K / L$ - приведенное расстояние от левого конца валка до конца распределенной нагрузки; $q_{II} = P/B$;

$$\alpha = \frac{1 - \mu_{pab}^2}{1 - \mu_{on}^2} \frac{E_{on}}{E_{pab}} \left[\frac{(3260 \frac{L}{D_{on}} - 38,5) (\frac{D_{pab}}{D_{on}})^2 - (5330 \frac{L}{D_{on}} - 127) \frac{D_{pab}}{D_{on}} + (2300 \frac{L}{D_{on}} - 183)}{D_{on}} \right],$$

где μ_{pab} и E_{pab} , μ_{on} и E_{on} - коэффициенты Пуассона и модули упругости материалов соответственно рабочих и опорных валков.

Из формулы по определению коэффициента α видно, что D_{pab}/D_{on} непосредственно влияет на межвалковое давление. В предлагаемом стане диаметр рабочих валков уменьшается вдоль линии прокатки, что позволит нам уменьшить давление между рабочими и опорными валками, и, как следствие, уменьшить упругую деформацию и снизить разнотолщинность прокатываемых полос.

На основе представленных уравнений был построен график зависимости между соотношением ширины полосы к длине бочки валка (B/L) от соотношения диаметра рабочих валков к диаметру опорных валков (D_{pab}/D_{on}) многофункционального стана (рисунок 1). На данном рисунке приведенная кривая 1 является геометрическим местом точек, где происходит равномерное распределение межвалкового давления.

Необходимо отметить, что полученный нами график совпадает с графиком, приведенным в работе [13].

На основе использования кривой 1 (см. рисунок 1) нами было установлено, что при прокатке в многофункциональном стане наиболее равномерное распределение межвалкового давления получается при прокатке полос с шириной $B = 100-200$ мм.

В работе для определения оптимальной ширины прокатываемых полос, были построены графики распределения межвалковых давлений, рассчитанных по формуле (1), по ширине валков (рисунок 2).

Из графиков видно (рисунок 2), что межвалковое давление по середине бочки валков $\xi = 0,5 = a_0$ будет минимальным при всех значениях B/L , однако наиболее равномерное распределение межвалкового давления по длине бочки валков получается при прокатке полос с соотношением $B/L = 0,25$.

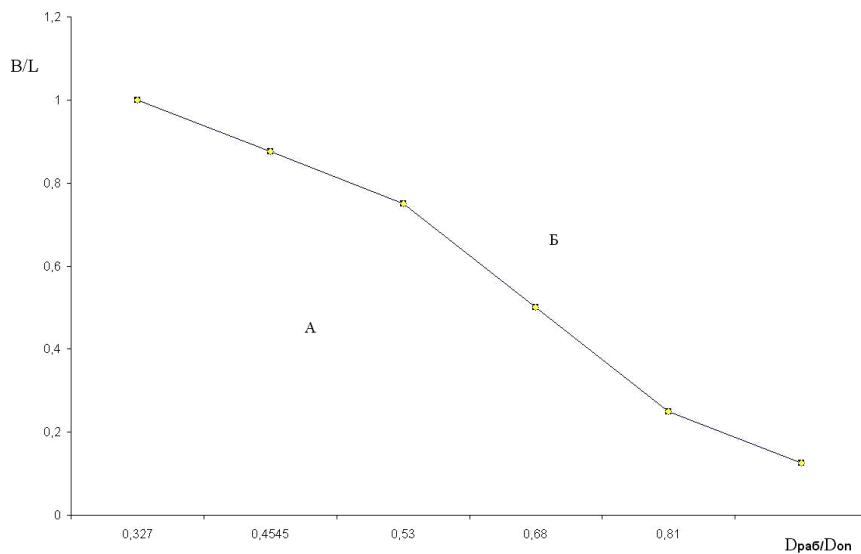
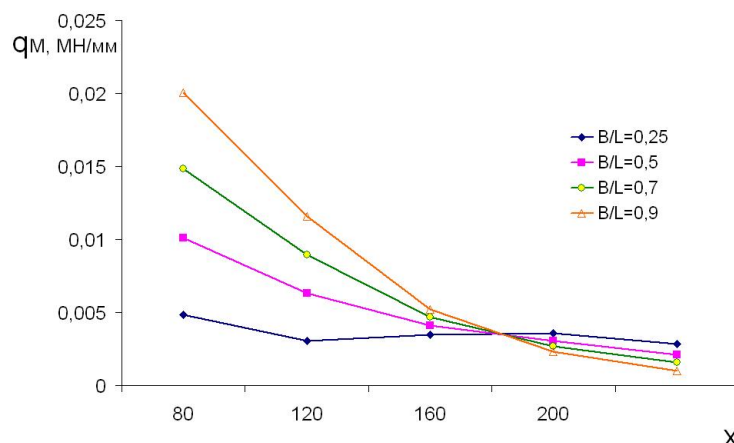
Рисунок 1 – График зависимости B/L от $D_{\text{раб}}/D_{\text{оп}}$ 

Рисунок 2 – График распределения межвалкового давления по длине бочки

Выводы

1. Прокатка подката с соотношением $B/L = 0,25$ в многофункциональном продольно-клиновом стане приведет к уменьшению продольной разнотолщинности полос.
2. С уменьшением отношения $D_{\text{раб}}/D_{\text{оп}}$ вдоль линии прокатки уменьшается давление между рабочим и опорным валком, т.е. уменьшается прогиб вала, и, как следствие, уменьшается продольная разнотолщинность.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Рудской А.И., Лунев В.А. Теория и технология прокатного производства: Учебное пособие [Текст]. - СПб.: Наука, 2008. - 527 с.
- [2] Антипин В.Г. Прогресс в производстве тонких стальных полос // М.: АО «Черметинформация». Бюллетень «Черная металлургия», 2002, №8. - С. 3 – 9.
- [3] Влияние кинематической асимметрии на силу прокатки в чистовых рабочих клетях толстолистовых станов / А.Н. Кулик, А.В. Данько, К.Ю. Юрков и А.А. Фрайчак // Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні: тематик. зб. наук. пр. – Краматорськ: ДЦМА, 2008. – С. 269-273.
- [4] Максимов Е.А. Исследование нового механизма снижения давления и повышения обжатий при несимметричной прокатке // Металлообработка. - 2010. - № 1. - С. 46–49.
- [5] Агеев Л.М. Управляющие воздействия на форму полосы при прокатке // Труды 4 Конгресса прокатчиков, Магнитогорск, 16-19 окт., 2001. Т. 1. - М., 2002. - С. 192-197.
- [6] Максимов Е.А. Повышение качества и улучшение планшетности полос из коррозионно-стойкой стали при саморегулировании процесса несимметричной прокатки // Технология металлов. - 2010. - № 9. – С. 19-24.

- [7] Управление шероховатостью лент с помощью несимметричной прокатки / В.Е. Лунев, И.Г. Шубин, М.И. Румянцев и др. // Производство проката. - 2003. - № 6. - С. 28-29.
- [8] Влияние сдвиговой прокатки на текстуры деформации фольги из алюминия высокой чистоты / L. Aiqiang, J. Qiwu, W. Fu and etc. // Jinshu Xuebao. - 2002. - 38. - № 9. - С. 974-978.
- [9] Microstructural and crystallographic aspects of conventional and asymmetric rolling processes / Ju. Sidorov, A. Miroux, R. Petrov, L. Kestens // Acta materials. - 2008. - 56, № 11. - P. 2495-2507.
- [10] Повышение точности листового проката [Текст] / И.М. Меерович, А.И. Герцев, В.С. Горелик, Э.Я. Классен. - М.: Металлургия, 1969. - 262 с.
- [11] Патент 20969. Непрерывный стан для прокатки полос из сталей и сплавов / С.А. Машеков, Е.З. Нугман, А.С. Машекова, и др. // Опул. 16.03.2009, Бюл. №3.
- [12] Машины и агрегаты металлургических заводов. Т. 3. - М.: Металлургия, 1988. - 680 с.
- [13] Прокатка на многовалковых станах / П.И. Полухин, В.П. Полухин, А.Ф. Пименов и др. М.: Металлургия, 1981. 248 с.

REFERENCES

- [1] Rudskoy A.I., Lunev V.A. Theory and technology of rolling production: Tutorial - SPb.: Science, 2008. - 527 p. (in Russ.).
- [2] Antipin V.G. Progress in the production of thin steel strips // М.: JSC "Chermetinformatsiya." Bulletin "Ferrous metallurgy", 2002, №8. - P. 3-9. (in Russ.).
- [3] Kulik A.N., Danko A.V., Yurkov K.Y., Fraychak A.A. Influence of kinematic asymmetry in the power of the workers in the finishing rolling stands plate mills // Udoskonalennya protsesiv i obladnannya obrobki vise metalurgii i mashinobuduvanni: subjects. ST. Sciences. pr. - Kramatorsk: DDMA, 2008. - p. 269-273. (in Ukr.).
- [4] Maksimov E.A. Exploring a new mechanism for reducing pressure and increasing reductions at asymmetrical rolling // Metal. - 2010. - № 1. - p. 46-49.
- [5] Ageev L.M. Managing the impact on the shape of the strip in the rolling // Proceedings of the Congress 4 distributors, Magnitogorsk, October 16-19., 2001. T. 1. - M., 2002. - p. 192-197. (in Russ.).
- [6] Maksimov E.A. Improve the quality and flatness of strips of corrosion-resistant steel in the self-regulation process of asymmetric rolling // Metal Technology. - 2010. - № 9. - p. 19-24. (in Russ.).
- [7] Lunev V.E., Shubin I.G., Romyantsev M.I., et al. Management roughness tapes using asymmetric rolling // Production of steel. - 2003. - № 6. - p. 28-29. (in Russ.).
- [8] Aiqiang L., Qiwu J., Fu W. et al. Effect of shear rolling deformation texture of aluminum foil of high purity // Jinshu Xuebao. - 2002. - 38. - № 9. - p. 974-978.
- [9] Sidorov Ju., Miroux A., Petrov R., Kestens L. Microstructural and crystallographic aspects of conventional and asymmetric rolling processes // Acta materials. - 2008 - 56, № 11. - P. 2495-2507.
- [10] Meerovitch I.M., Gertsev A.I., Gorelik V.S., Klassen E.Y. Increasing the accuracy of sheet metal / . - М.: Металлургия, 1969. - 262 p. (in Russ.).
- [11] Patent No. 20969. Continuous mill for rolling strips of steels and alloys / S.A. Mashekov, E.Z. Nugman, A.S. Masheкова, et al. // Publ. 16.03.2009, Bull. №3.
- [12] Machines and equipment for steel plants. 3. T. - М.: Металлургия, 1988. - 680 p. (in Russ.).
- [13] Poluhin P.I., Poluhin V.P., Pimenov A.F. et al. Rolling on multiroll mills / М.: Металлургия, 1981. 248 pp. (in Russ.).

Көпфункционалды бойлық-үшкіл орнақтың конструкциясы зерттеу

**Машеков С.А., Орлова Е.П., Абсадыков Б.Н.,
Исаметова М.Е., Машекова А.С., Рахматулин М.Л.**

Аннотация. Осы жұмыста көпфункционалды бойлық-үшкіл орнақтың конструкциясы ұсынылады, орнақтың әр қапасындағы жұмысшы пішінбіліктерінің диаметрлері тұрақты, ал келесі қапастағы пішінбілік диаметрі илемдеу бағыты бойынша азаяды. Орнақтың конструкциясы илемделетін жолақтың көлденең қалыңдығы мен жайпақтығы әртүрлігін реттеуге, сондай-ақ илемдеудің тиімді технологиялық шамаларын таңдауға мүмкіндік береді.

Көпфункционалды орнақта ені $B = 100-200$ мм жолақты илемдеу кезінде пішінбілік аралық қысым неғұрлым біртегіс таралуына мүмкіндік береді.

$B/L = 0,25$ және илемдеу бағыты бойында $D_{жум}/D_{оп}$ қатынасы азаятын болса онда илемдеу кезінде пішінбілік бөшкеінің ұзындығы бойынша пішінбілік аралық қысымның біркелкі таралуы байқалады.

Поступила 01.10.2015 г.

**PUBLICATION ETHICS AND PUBLICATION MALPRACTICE
IN THE JOURNALS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the originality detection service Cross Check <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

www.nauka-nanrk.kz

<http://www.reports-science.kz/index.php/ru/>

Редакторы М. С. Ахметова, Д. С. Аленов, Т.А. Апендиев
Верстка на компьютере С.К. Досаевой

Подписано в печать 08.10.2015.
Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.
14,2 п.л. Тираж 2000. Заказ 4.