

РАЗДЕЛ III ПРОЦЕССЫ ОБРАБОТКИ ДАВЛЕНИЕМ В МЕТАЛЛУРГИИ

УДК 621.771.01: 621.771.23

Гурковская С. С.
Загребельный С. Л.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ РЕЖИМАМ ПРОИЗВОДСТВА ТОНКИХ ГОРЯЧЕКАТАНЫХ ПОЛОС

Широкие горячекатаные полосы и листы находят широкое применение в различных отраслях промышленности. Однако действующее в Украине оборудование для производства такого вида металлопроката морально и физически устарело, что делает невозможным производство качественной и конкурентно способной на мировом рынке продукции. В свою очередь модернизации широкополосных станов является дорогостоящей кампанией, требующей немалых капитальных затрат. Современные системы автоматического регулирования толщины (САРТ) позволяют прокатывать полосы толщиной 0,6...1,4 мм с допусками $\pm 0,075$ мм на 99,7 % их длины [1–3]. Однако следует отметить, что выполнение этих требований является сложной задачей, требующей комплексного подхода к решению вопросов технологии, улучшения конструкции исполнительных механизмов прокатного стана, выбора рационального состава оборудования, увеличения модуля жесткости прокатных клетей, повышения качества изготовления и монтажа элементов валковой системы, увеличения быстродействия и точности обработки нажимных механизмов. Важную роль также имеют вопросы правильного выбора измерителей энергосиловых параметров прокатки, межвалкового зазора, а также исполнительных механизмов систем автоматизированного регулирования в целом.

Целью данной работы является разработка технологии и практических рекомендаций по производству тонких горячекатаных полос на широкополосных станах.

Качество горячекатаных полос и их сортамент, в основном, определяются прокаткой в непрерывной чистовой группе рабочих клетей широкополосных станов. В частности, чистовые рабочие клетки оказывают решающее влияние на такие качественные параметры готовой продукции как продольная и поперечная разнотолщинность, планшетность получаемых полос, качество их поверхности и другие. Следует отметить, что уже выработаны и реализуются на практике следующие положения деформационного режима чистовой прокатки, согласно которым относительное обжатие в последней чистовой рабочей клетке составляет не более 15...20 %, а относительное обжатие в предпоследней чистовой рабочей клетке составляет не более 20...30 % [1].

Как показали результаты теоретического анализа, основным фактором, обуславливающим наличие продольной разнотолщинности, является несоответствие температур прокатки переднего и заднего конца полосы, то есть влияния так называемого «температурного клина» [1–3]. Компенсация влияния данного фактора, в свою очередь, может быть обеспечена за счет соответствующего профилирования толщины полосы по ее длине, обеспечиваемого в предыдущей рабочей клетке. Принципиальная схема данного технического решения иллюстрирована рис. 1, при этом в качестве исходных технологических параметров рассматриваются температуры переднего конца полосы в предпоследнем $t_{00j}|_{j=n-1}$ и в последнем

$t_{00j}|_{j=n}$ проходах, а также соответствующие температуры заднего конца полосы $t_{01j}|_{j=n-1}$

и $t_{01j}|_{j=n}$. Искомыми же являются значения конечных толщин переднего $h_{10j}|_{j=n-1} = h_{00j}|_{j=n}$ и заднего $h_{11j}|_{j=n-1} = h_{01j}|_{j=n}$ концов полосы, обеспечивающие условия постоянства конечной толщины готового металлопроката по всей его длине, то есть $h_{10j}|_{j=n} = h_{11j}|_{j=n} = const$.

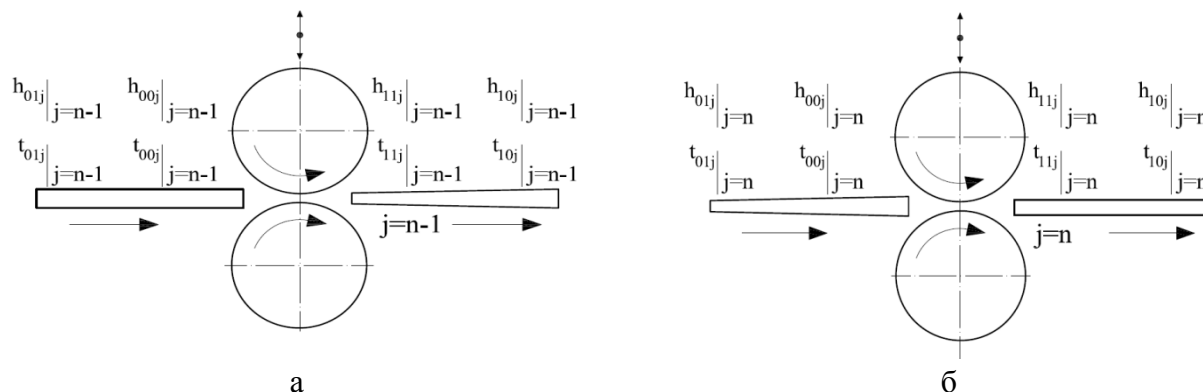


Рис. 1. Принципиальная технологическая схема условий процесса горячей прокатки относительно тонких полос в предпоследней (а) и последней (б) чистовых рабочих клетях, обеспечивающая снижение степени влияния неоднородности распределений температур по длине раската

Решение данной задачи было обеспечено на основе ранее полученных численных математических моделей по определению интегральных и локальных характеристик процесса горячей прокатки относительно тонких полос [4, 5]. С использованием детерминированных математических моделей, развернутых по длине прокатываемых полос, и организации последующего итерационного решения упругопластической системы «рабочая клеть-полоса» разработанная численная математическая модель точности результирующих геометрических характеристик готового металлопроката позволяет учесть стохастический характер изменения исходных технологических параметров, а также отработку системы автоматического регулирования толщины. Разработанные модели организованы в соответствии с итерационной процедурой по определению распределений конечной толщины в предпоследнем проходе $h_{1j}|_{j=n-1}$, при условии обеспечения постоянства силы прокатки $P_j|_{j=n} = const$ только в последней чистовой рабочей клетке.

В качестве примеров, полученных в этом случае результатов численной реализации, на рис. 2 представлены расчетные распределения требуемой исходной разнотолщинности δh_0 , то есть разности толщин переднего и заднего концов полосы $\delta h_0 = h_{00j}|_{j=n} - h_{01j}|_{j=n}$ в зависимости от перепада их температур $\Delta t = t_{00j}|_{j=n} - t_{01j}|_{j=n}$ (см. рис. 1, б).

Анализ полученных в этом случае результатов (см. рис. 2) показал, что с увеличением перепада температур Δt требуемая разнотолщинность δh_0 возрастает весьма существенно. При этом с увеличением номинального значения толщины прокатываемых полос абсолютное значение δh_0 повышается, что необходимо учитывать при проектировании нажимных механизмов соответствующих рабочих клетей.

Обеспечение требуемого профилирования раската по его длине является возможным при использовании комбинированных гидромеханических нажимных механизмов, в которых большие перемещения осуществляются механической частью, а малые высокочастотные перемещения, преодолевающие силу прокатки – гидравлической частью. Использование же рассматриваемого технического решения в рабочих клетях, оснащенных только электро-

механическими нажимными механизмами, является проблематичным, поскольку данные механизмы не предназначены для преодоления силы прокатки. Исходя из изложенного выше, представляет интерес конструкция нажимного механизма, иллюстрируемая рис. 3. Данный механизм содержит нажимной винт 1, сопрягаемый с подушкой верхнего опорного вала 2. Кроме того, подушка 2 сопряжена с гидрокапсулой 3, оснащенной плунжерными гидроцилиндрами 4, сопряженными с верхней поперечиной узла станин 5. Суммарная сила, развиваемая обеими гидрокапсулами, несколько ниже силы прокатки, вследствие чего величина межвалкового зазора определяется позиционированием нажимных винтов 1, в то время как сила, воспринимаемая этими винтами, соответствует 10...20 % от силы прокатки. Таким образом, в результате разгрузки нажимных винтов при помощи гидрокапсул 3 (см. рис. 3) может быть осуществлено и профилирование толщины раската по его длине (см. рис. 2).

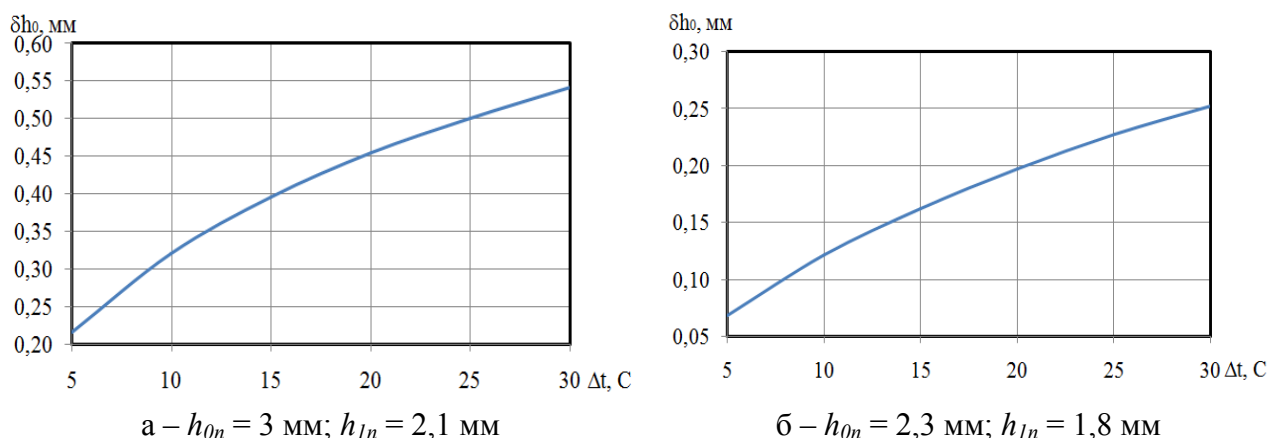


Рис. 2 Расчетные распределения требуемой исходной разнотолщинности δh_0 , то есть разности толщин переднего и заднего концов полосы $\delta h_0 = h_{00j}|_{j=n} - h_{01j}|_{j=n}$ в зависимости от перепада их температур $\Delta t = t_{00j}|_{j=n} - t_{01j}|_{j=n}$

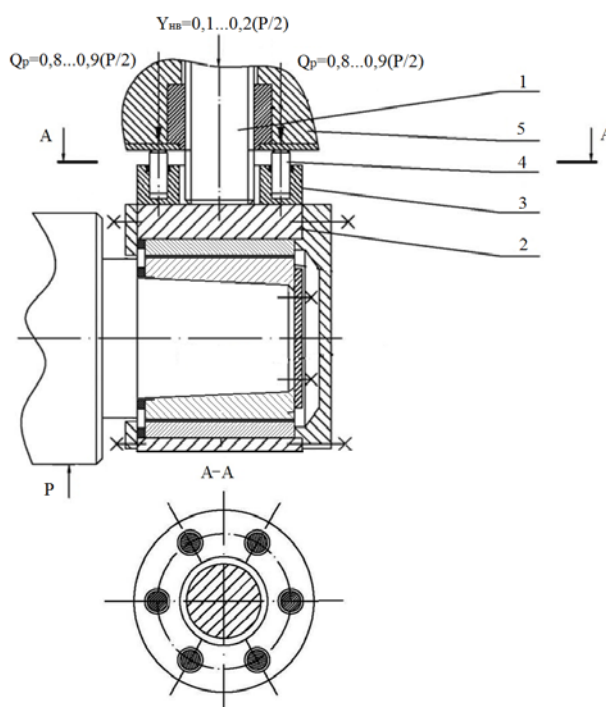


Рис. 3. Конструкция нажимного механизма чистой рабочей клетки широкополосных станов горячей прокатки, оснащенного гидрокапсулами по разгрузке нажимных винтов

ВЫВОДЫ

На основе результатов обобщенного анализа условий реализации процесса горячей прокатки в чистовых рабочих клетях ШСГП сформулированы рекомендации, направленные на повышение точности результирующих геометрических характеристик получаемого металлопроката. Показано, что использование САРТ обуславливает увеличение размаха изменения силы прокатки и, как следствие, повышение вероятности нарушения плоскостности. Отмеченное, в свою очередь, может быть компенсировано за счет соответствующей стабилизации исходных технологических параметров, а также за счет совмещенного регулирования толщины и плоскостности, как минимум, в трех последних чистовых рабочих клетях.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коновалов Ю. В. *Справочник прокатчика. Справочное издание в 2-х книгах. Книга 1. Производство горячекатаных листов и полос* / Ю. В. Коновалов. – М. : Теплотехник, 2008. – 640 с.
2. Ленард Д. *Учебное пособие по листовой прокатке* / Д. Ленард ; пер. с англ. Е. А. Толстиковой. – 2011. – 364 с.
3. Федоринов В. А. *Математическое моделирование напряжений, деформаций и основных показателей качества при прокатке относительно широких листов и полос : монография* / В. А. Федоринов, А. В. Сатонин, Э. П. Грибков. – Краматорск : ДГМА, 2010. – 243 с.
4. *Numerical Mathematical Modeling of Stress-Strain of Metal during Thin Strips Hot Rolling* / V. I. Kaplanov, A. V. Satonin, S. S. Nastoyashchaya, M. G. Korenko // *Metallurgical and Mining Industry*. – 2011. – No. 4. – Vol. 3.
5. *Развернутое математическое моделирование основных показателей качества горячекатаных полос* / Н. А. Кулик, А. А. Файчак, С. С. Настоящая, П. Л. Жуков // *Обработка материалов давлением : сб. науч. тр.* — Краматорск : ДГМА, 2009. – № 1 (20). – С. 84–88.

REFERENCES

1. Konovalov Yu. V. *Spravochnik prokatchika. Spravochnoe izdanie v 2-h knigah. Kniga 1. Proizvodstvo goryachekatanykh listov i polos* / Yu. V. Konovalov. – M. : Teplotehnik, 2008. – 640 s.
2. Lenard D. *Uchebnoe posobie po listovoy prokatke* / D. Lenard ; per. s angl. E. A. Tolstikovoy. – 2011. – 364 s.
3. Fedorinov V. A. *Matematicheskoe modelirovanie napryazheniy, deformatsiy i osnovnykh pokazateley kachestva pri prokatke odnositelno shirokikh listov i polos : monografiya* / V. A. Fedorinov, A. V. Satonin, E. P. Gribkov. – Kramatorsk : DGMA, 2010. – 243 s.
4. *Numerical Mathematical Modeling of Stress-Strain of Metal during Thin Strips Hot Rolling* / V. I. Kaplanov, A. V. Satonin, S. S. Nastoyashchaya, M. G. Korenko // *Metallurgical and Mining Industry*. – 2011. – No. 4. – Vol. 3.
5. *Razvernutoe matematicheskoe modelirovanie osnovnykh pokazateley kachestva goryachekatanykh polos* / N. A. Kulik, A. A. Faychak, S. S. Nastoyashchaya, P. L. Zhukov // *Obrabotka materialov davleniem : sb. nauch. tr.* — Kramatorsk : DGMA, 2009. – № 1 (20). – S. 84–88.

Гурковская С. С. – канд. техн. наук, ст. преп. каф ИиИГ ДГМА;

Загребельный С. Л. – канд. пед. наук, зав. каф. ИиИГ ДГМА.

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

E-mail: n-s18@ukr.net