

- sleepers]. Moscow: Metallurgizdat, 2014, 276 p.
21. Kolokoltsev V.M. Magnitogorskiy gosudarstvennyy tekhnicheskii universitet im. G.I. Nosova. Istoriya. Razvitiye. [Nosov Magnitogorsk State Technical University. History. Development]. *Vestnik Magnitogorskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University], 2014, no.1. pp. 5-6.
 22. Chukin M.V., Kolokoltsev V.M., Gun G.S., Salganik V.M., Platov S.I. Nauchnaya deyatelnost' GOU VPO «MGU» v usloviyakh razvitiya nanotekhnologii [Scientific activity of NMSTU in terms of nanotechnology development]. *Vestnik Magnitogorskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University], 2009, no.2, pp. 55-59.
 23. Kolokoltsev V.M. Pyat let ot attestatsii do attestatsii [Five years from a certification to a certification]. *Vestnik Magnitogorskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University], 2008, no.1, pp. 5-11.
 24. Gun G.S. Innovatsionnye metody i resheniya v protsessakh obrabotki materialov [Innovative methods and solutions in materials processing]. *Vestnik Magnitogorskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University], 2014, no.4, pp. 99-113.
 25. Chukin M.V., Korchunov A.G., Gun G.S., Polyakova M.A., Koptseva N.V. Nanodimensional structural part formation in high carbon steel by thermal and deformation processing. *Vestnik Magnitogorskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University], 2013, no.5, pp. 33-35.
 26. Gun G.S., Mezin I.Yu., Korchunov A.G., Chukin M.V., Gun I.G., Rubin G.Sh. Nauchno-pedagogicheskaya shkola magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta po upravleniyu kachestvom produktsii i proizvodstvennykh protsessov [Scientific and pedagogical school of NMSTU on quality management of products and processes]. *Kachestvo v obrabotke materialov* [Quality in metal treatment], 2014, no.1, pp. 5-9.
 27. Chukin M.V., Gun G.S., Baryshnikov M.P., Valiev R.Z., Raab G.I. Osobennosti reologicheskikh svoystv konstruktsionnykh nanostaley [Features of rheological properties of structural nanosteels]. *Vestnik Magnitogorskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University], 2008, no.1, pp. 24-27.
 28. Gun G.S., Chukin M.V., Emaleeva D.G., Koptseva N.V., Efimova Yu.Yu., Baryshnikov M.P. Issledovanie formirovaniya submikrokristallicheskoy struktury poverkhnostnogo sloya stalnoy provoloki s tselyu povysheniya urovnya ee mekhanicheskikh svoystv [Study of the formation of a submicrocrystalline structure of a steel wire surface layer in order to improve its mechanical properties]. *Vestnik Magnitogorskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University], 2007, no.4. pp. 89-93.

УДК 621.744

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОПЕРЕЖЕНИЯ И ОТСТАВАНИЯ ПРИ ПРОКАТКЕ

Некит В.А., Платов С.И., Курбаков И.А., Голев А.Д.

Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, Россия

Аннотация. Представлен новый метод исследования кинематических параметров прокатки полос. Новизна метода состоит в одновременном измерении опережения и отставания, что позволяет фиксировать наличие скольжения (пробуксовывания) полосы относительно валков. Для характеристики опережения и отставания использовались относительные величины - коэффициенты опережения и отставания. Представлены результаты экспериментального определения опережения и отставания при прокатке свинцовых полос на лабораторном прокатном стане. Определены значения величин пробуксовки полосы относительно валков при использованных режимах прокатки.

Ключевые слова: прокатка, опережение, отставание, скольжение.

Введение

Исследование опережения применяется для определения коэффициента трения при прокатке и является одним из наиболее точных методов исследования трения [1,2]. Известен экспериментальный метод определения опережения, получивший название «кernовый метод». Недостаток метода заключается в том, что относительная величина опережения невелика, составляет несколько процентов, это снижает точность получаемых результатов. Кроме того, для исследования используют отрезки полосы, а при переходных режимах ускорения или торможения возможно скольжение полосы относительно валков [3–5].

Теория и методы исследования

В настоящей работе представлен усовершенствованный метод исследования, который позволяет частично устранить вышеупомянутые недостатки. Суть его состоит в том, что одновременно с опережением измеряется отставание. Совокупность этих методов с учетом кинематики процесса прокатки позволяет определить расчетным путем величину скольжения. По аналогии с методом экспериментального определения опережения, отставание можно определить путем отслеживания меток на полосе перед прокаткой и их следа на валках после прокатки. Метки в этом случае могут быть нанесены путем окрашивания

на полосе. На рисунке представлена схема нанесения и измерения контрольных отрезков для определения отставания в процессе прокатки полос. Метки на полосе 1 дают отпечатки на валке после прокатки 2, расстояние между метками принимается за контрольный отрезок.

Теоретические формулы значительно упрощаются, если для характеристики опережения и отставания применять относительные величины – коэффициенты опережения и отставания.

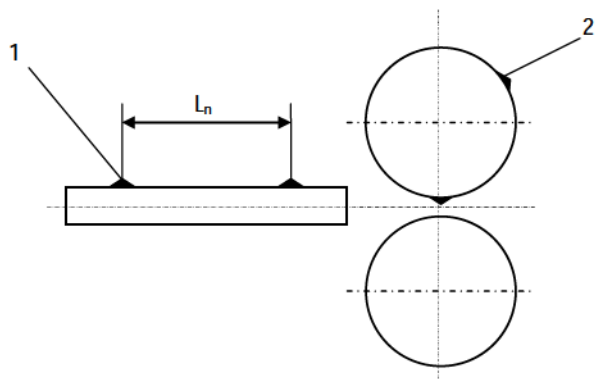


Схема нанесения меток при измерении отставания полосы при прокатке: 1 – метка на полосе; 2- отпечаток на валке

Из условия постоянства секундного объема с использованием гипотезы плоских сечений при прокатке коэффициенты опережения и отставания можно определить по формулам:

– коэффициент отставания

$$W_{ot} = \frac{V_{no}}{V_b}, \tag{1}$$

где v_{no} – скорость полосы перед входом в валки;
 v_b – линейная скорость валков;
 – коэффициент опережения

$$\omega_{on} = \frac{V_n}{V_b}, \tag{2}$$

где v_n – скорость полосы после выхода из валков.

Согласно принятым обозначениям коэффициент вытяжки определится

$$\lambda = \frac{V_n}{V_{no}}. \tag{3}$$

Таким образом, уравнение связи между коэффициентами опережения и отставания будет

$$W_{ot} \cdot W_{on} = \lambda. \tag{4}$$

Заменив отношение скоростей отношением отрезков на полосе и валках, получим основное кинематическое уравнение с учетом скольжения полосы относительно валков

$$\frac{L_b}{L_n - s} \cdot \frac{L_{1n} + s}{L_{1b}} = \lambda, \tag{5}$$

где s – путь скольжения; L_n – длина отрезка на полосе; L_b – длина отрезка на валке; L_{1n} – длина отпечатка на полосе; L_{1b} – длина отпечатка на валке.

С учетом скольжения величины коэффициентов опережения и отставания определяются по формулам:

$$\omega_{om} = \frac{L_b - s}{L_n}; \tag{6}$$

$$\omega_{on} = \frac{L_{1n} + s}{L_{1b}}. \tag{7}$$

Исследование опережения и отставания при прокатке свинцовых полос проводили на лабораторном стане в валках диаметром 150 мм, контрольные отрезки наносились: на валках – с помощью кернов, на полосе – красителем. Обе метки размещались с одной стороны полосы с условием совпадения по месту прокатки. Параметры контрольных отрезков до и после прокатки и результаты расчета представлены в таблице. Результаты решения основного кинематического уравнения (5) получены численным методом и представлены в таблице.

Результаты измерения и расчета геометрических и кинематических параметров прокатки

Исходная толщина полосы Н	Конечная толщина полосы h	Степень деформации %	Угол захвата α	Ширина полосы В	Диаметр валков D	Коэффициент вытяжки λ	Длина отрезка на полосе L _n	Длина отрезка на валке L _b	Длина отпечатка на полосе L _{1n}	Длина отпечатка на валке L _{1b}	Путь скольжения s	Коэффициент опережения ω _{on}	Коэффициент отставания ω _{ot}
5,75	3,8	33,9	0,161	21,25	150	1,51	44,25	59,5	41,75	42	1,16	1,68	1,416
5,0	3,25	35	0,153	21,5	150	1,54	47,55	55,25	40,75	42	-0,64	1,12	1,384

Результаты исследования и их обсуждение

Скольжение полосы относительно валков при использованных режимах прокатки выражается как путь скольжения и может иметь положительное и отрицательное значение.

Выводы

Разработан и применен для исследования усовершенствованный метод определения кинематических параметров процесса прокатки. Согласно этому методу в процессе деформации полосы одновременно определяются параметры и опережения, и отставания. Новая методика изучения процесса прокатки апробирована на лабораторном стане. Полученные результаты экспериментального исследования показывают существование пробуксовки полосы относительно валков и необходимость коррекции величины опережения и отставания. Экспериментальные результаты не выявляют причину пробуксовки полосы в валках: пере-

менный режим, несимметричные условия, уширение полосы в процессе прокатки и др.

Список литературы

1. Теория прокатки: справочник / Целиков А.И., Томленов А.Д., Зюзин В.И. и др. М.: Metallurgy, 1982. 335 с.
2. Грудев А.П. Теория прокатки. М.: Metallurgy, 1988. 240 с.
3. Некит В.А. Условия трения и упругого сжатия валков при холодной прокатке листов и полос // Моделирование и развитие процессов обработки металлов давлением: сб. науч. тр. / под ред. В.М. Салганика. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2009. С. 101–104.
4. Некит В.А., Некит А.В. Моделирование процесса холодной прокатки тонких листов с учетом упрочнения металла в очаге пластической деформации // Процессы и оборудование металлургического производства: сб. науч. трудов / под ред. Платова С.И. Магнитогорск, 2009. С. 55–58.
5. Некит В.А. О положении нейтрального сечения в очаге пластической деформации при прокатке полос // Моделирование и развитие процессов обработки металлов давлением. сб. науч. тр. / под ред. В.М. Салганика Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2012. С. 137–138.

INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH

EXPERIMENTAL STUDY OF FORWARD AND BACKWARD SLIP DURING SHEET ROLLING

Nekit Vladimir Afanasievich – Ph.D (Eng.), Associate Professor, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Russia. Phone: +7 (3519) 29 84 36. E-mail: Vladbmir@Nekit.info

Platov Sergey Iosifovich – D.Sc. (Eng.), Professor, Head of the Department Machines and Metal Forming Technologies, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Russia. Phone: +7 (3519) 29 84 92. E-mail: psipsi@mail.ru

Kurbakov Ivan Andreevich – Student, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Russia.

Golev Aleksey Dmitrievich – Student, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Russia.

Abstract. This article presents a new method of study of sheet rolling kinematic parameters. The novelty of the method is simultaneous measurement of forward and backward slip, which allows us to determine slipping of sheets against rolls. To characterize forward and backward slip, relative values, forward and backward slip rates, were used. The paper gives results of experimental determination of forward and backward slip, when rolling lead sheets at a laboratory rolling mill. Values of sheet slipping against rolls at applied rolling modes are determined.

Keywords: rolling, forward slip, backward slip, slipping.

References

1. Tselikov A.I., Tomlenov A.D., Zyuzin V.I. et al. *Teoriya prokatki: Spravochnik* [Theory of rolling: Reference book]. Moscow: Metallurgy, 1982, 335 p.
2. Grudev A.P. *Teoriya prokatki* [Theory of rolling]. Moscow: Metallurgy, 1988, 240 p.
3. Nekit V.A. Usloviya treniya i uprugogo szhatiya valkov pri kholodnoy prokatke listov i polos. [Conditions of friction and elastic compression of rolls during sheet and strip cold rolling]. *Modelirovanie*

i razvitie protsessov obrabotki metallov davleniem. Sb. nauchn. trudov pod redaktsiei Salganika V.M. [Simulation and development of metal forming processes: collection of research papers edited by Salganik V.M.]. Magnitogorsk: Nosov Magnitogorsk State Technical University, 2009, pp. 101-104.

4. Nekit V.A. Nekit A.V. Modelirovanie protsesssa kholodnoy prokatki tonkikh listov s uchetom uprochneniya metalla v ochage plasticheskoy deformatsii. [Simulation of sheet cold rolling processes taking into account metal hardening in a zone of plastic deformation]. *Protsessy i oborudovanie metallurgicheskogo proizvodstva. Sb. nauchn. trudov pod redaktsiei Platova S.I.* [Metallurgical processes and equipment: collection of research papers edited by Platov S.I.]. Magnitogorsk: Nosov Magnitogorsk State Technical University, 2009, pp. 55-58.
5. Nekit V.A. O polozhenii neitralnogo secheniya v ochage plasticheskoy deformatsii pri prokatke polos. [On a position of a neutral plane in a zone of plastic deformation]. *Modelirovanie i razvitie protsessov obrabotki metallov davleniem. Sb. nauchn. trudov pod redaktsiei Salganika V.M.* [Simulation and development of metal forming processes: collection of research papers edited by Salganik V.M.]. Magnitogorsk: Nosov Magnitogorsk State Technical University, 2012, pp. 137-138.