

ИННОВАЦИИ В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ
ПРОМЫШЛЕННОМ И ЛАБОРАТОРНОМ
ОБОРУДОВАНИИ, ТЕХНОЛОГИЯХ И МАТЕРИАЛАХINNOVATION IN METALLURGICAL
INDUSTRIAL AND LABORATORY EQUIPMENT,
TECHNOLOGIES AND MATERIALS

УДК 621.771.25

DOI 10.17073/0368-0797-2024-3-366-368

Краткое сообщение
Short Report

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОДОЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПОЛОСЫ В СИСТЕМЕ ПРОКАТНАЯ КЛЕТЬ – НЕПРИВОДНОЕ ДЕЛИТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО

А. Р. Фастыковский [✉], В. А. Вахроломеев, А. Г. Никитин

Сибирский государственный индустриальный университет (Россия, 654007, Кемеровская область – Кузбасс, Новокузнецк, ул. Кирова, 42)

✉ omd@sibsiu.ru

Аннотация. В современном промышленном и гражданском строительстве в больших объемах используется различный металлопрокат, наибольшую долю в котором занимают арматурные профили, производимые на мелкосортных станах. Постоянно растущая потребность в арматурном прокате требует повышения объемов производства. Наиболее перспективна в этом плане технология прокатки – разделения, которая при относительно небольших материальных затратах позволяет на действующих прокатных станах существенно повысить объем производства арматурных профилей при снижении энергозатрат. Однако, несмотря на очевидные преимущества технологии прокатки – разделения с использованием неприводных делительных устройств, большие затруднения вызывает правильное определение рациональных режимов ведения процесса с учетом особенностей производства и компоновки оборудования, что связано с недостаточной теоретической изученностью. Одной из основных проблем является определение допустимого расстояния в системе прокатная клеть – неприводное делительное устройство. Проведенные исследования позволили предложить зависимость для определения максимально допустимого расстояния в системе прокатная клеть – неприводное делительное устройство из соображений продольной устойчивости полосы с учетом размера и формы поперечного сечения разделяемого сочлененного профиля, характера защемления, напряжения подпора. Экспериментально установлено, что при определении допустимого расстояния между прокатной клетью и неприводным делительным устройством коэффициент приведения длины целесообразно принимать равным 0,7.

Ключевые слова: арматурные профили, прокатка – разделение, условие устойчивости, допустимое расстояние, коэффициент приведения длины

Для цитирования: Фастыковский А.Р., Вахроломеев В.А., Никитин А.Г. Определение продольной устойчивости полосы в системе прокатная клеть – неприводное делительное устройство. *Известия вузов. Черная металлургия.* 2024;67(3):366–368.
<https://doi.org/10.17073/0368-0797-2024-3-366-368>

DETERMINATION OF LONGITUDINAL STABILITY OF STRIP IN ROLLING CAGE – NON-DRIVE DIVIDING DEVICE SYSTEM

A. R. Fastykovskii [✉], V. A. Vakhrolomeev, A. G. Nikitin

Siberian State Industrial University (42 Kirova Str., Novokuznetsk, Kemerovo Region – Kuzbass 654007, Russian Federation)

✉ omd@sibsiu.ru

Abstract. In modern industrial and civil construction, various rolled metal products are used in greater volumes. The largest share of them is occupied by rebar profiles produced at small-grade mills. The ever-growing demand for rebar rolling requires an increase in production volumes. The most promising technology in this regard is rolling – separation, which, with relatively low material costs, allows operating rolling mills to significantly increase the production volume of rebar profiles while reducing energy consumption. However, despite the obvious advantages of rolling – separation technology using non-drive dividing devices, it is very difficult to correctly determine the rational modes of conducting the process taking into account the peculiarities of production and equipment layout, which is due to insufficient theoretical knowledge. One of the main problems is determination of the permissible distance in the rolling cage – non-drive dividing device system. The conducted studies allowed us to propose a dependence for determining the maximum permissible distance in the rolling cage – non-drive dividing device system for reasons of longitudinal stability of the strip, taking into account the size and shape of cross-section of the split articulated profile, the nature of pinching, and the backstretch stress. It was experimentally established that when determining the permissible distance between rolling cage and non-drive dividing device, it is advisable to take the length reduction coefficient equal to 0.7.

Keywords: reinforcing profiles, rolling – separation, stability condition, permissible distance, length reduction coefficient

For citation: Fastykovskii A.R., Vakhrolomeev V.A., Nikitin A.G. Determination of longitudinal stability of strip in rolling cage – non-drive dividing device system. *Izvestiya. Ferrous Metallurgy*. 2024;67(3):366–368. <https://doi.org/10.17073/0368-0797-2024-3-366-368>

Современные реалии характеризуются активным ростом промышленного и гражданского строительства. Передовые строительные технологии базируются на все большем применении сборных конструкций из железобетона и металлопроката [1 – 3]. Постоянно увеличивающаяся потребность в строительном прокате вызывает необходимость решения этой проблемы за счет поиска путей, отличающихся небольшим сроком окупаемости, низкими затратами на перевооружение производства и существенным ростом производительности. Всем вышеприведенным требованиям отвечает технология прокатки – разделения [4; 5]. В настоящий момент технология прокатки – разделения развивается по двум направлениям. Характерной особенностью является место, где происходит продольное разделение: в одном случае – это валки прокатной клети, одновременно формирующие и разделяющие сочлененный профиль, в другом – это отдельно стоящее неприводное делительное устройство. На большинстве современных прокатных станов второму способу отдают предпочтение, так как разделение операций формирования сочлененного профиля и последующее продольное разделение в отдельно стоящем неприводном устройстве существенно упрощает настройку оборудования [6 – 9]. Однако такая компоновка создает условия вероятной потери естественной продольной устойчивости в случае ошибочного выбора расстояния между прокатной клетью, формирующей сочлененный профиль, и неприводным делительным устройством. В настоящее время эта задача решается методом проб и ошибок, что приводит к увеличению количества брака и непредвиденным простоям основного прокатного оборудования.

Использование методов 3D моделирования не позволяет оценить допустимое расстояние, обеспечивающее естественную продольную устойчивость [10]. Для оценки опасности потери продольной устойчивости полосы, нахождения предельного расстояния между прокатной клетью и неприводным делительным устройством предложена зависимость, полученная с использованием известной формулы Эйлера [11]:

$$l_{\max} = \frac{\pi \sqrt{E i_{\min}^2}}{\sqrt{\sigma_2 k}} \quad \text{при} \quad \frac{\sigma_2}{\sigma_s} \leq 1,$$

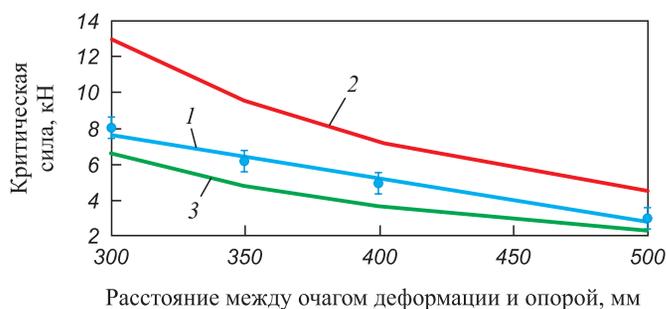
где l_{\max} – наибольшее допустимое расстояние между прокатной клетью, формирующей сочлененный профиль, и неприводным делительным устройством, отвечающее условию продольной устойчивости; E – модуль упругости первого рода, МПа; k – коэффициент приведения длины; i_{\min} – минимальный радиус инерции сечения; σ_2 – напряжение подпора, необходимое для продольного разделения неприводным делительным

устройством; σ_s – сопротивление деформации разделяемого материала.

Как следует из приведенной зависимости, величина максимально допустимого расстояния зависит от напряжения подпора, необходимого для продольного разделения, формы и площади поперечного сечения сочлененного профиля, которые характеризуются минимальным радиусом инерции, модулем упругости первого рода и коэффициентом приведения длины. Из рассмотренных выше факторов, влияющих на максимально допустимое расстояние между прокатной клетью и неприводным делительным устройством, существенное воздействие оказывает коэффициент приведения длины, который изменяется в пределах от 0,5 до 2,0 в зависимости от характера защемления [11].

Для определения коэффициента приведения длины при реализации процесса прокатки – разделения были проведены лабораторные эксперименты, в которых сравнивали критическую силу, соответствующую моменту потери устойчивости, полученную по формуле Эйлера и опытным путем. Полученные экспериментальные и теоретические данные при коэффициенте приведения длины 0,5 и 0,7 показаны на рисунке.

Согласно полученным данным, при определении естественной продольной устойчивости полосы в системе прокатная клеть – неприводное делительное устройство необходим коэффициент приведения длины, равный 0,7, что позволяет получать значения более близкие к экспериментальным данным. При коэффициенте приведения длины 0,7 расчетные данные получаются на 10 – 15 % меньше экспериментальных. При практическом использовании это дает запас надежности при определении допустимого расстояния в системе прокатная клеть – неприводное делительное устройство.



Зависимость критической силы от расстояния между очагом деформации и местом защемления:

1 – экспериментальные результаты; 2 и 3 – расчетные значения по формуле Эйлера при коэффициенте приведения длины 0,5 и 0,7

Dependence of critical force on the distance between the source of deformation and the place of pinching:

1 – experimental results; 2 and 3 – calculated values according to the Euler formula with a length reduction coefficient of 0.5 and 0.7

Выводы

Получена зависимость, позволяющая оценить максимально допустимое расстояние между прокатной клетью и неприводным делительным устройством, гарантирующая продольную устойчивость полосы при реализации технологии прокатки – разделения. Экспериментально установлено, что коэффициент приведения длины при технологии прокатки – разделения с использованием неприводного делительного устройства целесообразно принимать равным 0,7.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. You Y.-J., Park Y.-H., Kim H.-Y., Park J.-S. Hybrid effect on tensile properties of FRP rods with various material compositions. *Composite Structures*. 2007;80(1):117–122. <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2006.04.065>
2. Liu J., Wang F., Zhou H., Wang E., Cao P. Study on shear strength of glass fiber-reinforced polymer (GFRP) rebar concrete piles with circular cross-sections. *China Civil Engineering Journal*. 2016;(9):103–109.
3. Yazdanbakhsh A., Bank L.C., Chen C. Use of recycled FRP reinforcing bar in concrete as coarse aggregate and its impact on the mechanical properties of concrete. *Construction and Building Materials*. 2016;121(6):278–284. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.05.165>
4. Danchenko V., Dyja H., Lesik L., Mashkin L., Milenin A. Technologia i modelowanie procesów walcowania w wyk-

rojach. In: *Politechnika Częstochowska, Prace Dydaktyczne Wydziału Inżynierii Procesowej, Materialowej i Fizyki Stosowanej, Seria: Metalurgia*. 2002;(28):326–328;417–418.

5. Michałowski M., Turczyn S., Nowakowski A. Analiza płynięcia metalu w wykrojach rozcinających stosowanych do walcowania prętów żebrowanych. *Hutnik – Wiadomości Hutnicze*. 2002;69(8-9):342–345.
6. Ефимов О.Ю., Чинокалов В.Я., Фастыковский А.Р., Копылов И.В. Использование технологии прокатки – разделения на стане 250-1. *Сталь*. 2008;(4):78–80. Efimov O.Yu., Chinokalov V.Ya., Fastyskovskii A.R., Kopylov I.V. Use of rolling–separation technology at mill 250-1. *Stal’*. 2008;(4):78–80.
7. Фастыковский А.Р. К вопросу продольного разделения полосы неприводными устройствами в потоке прокатного стана. *Производство проката*. 2009;(3):4–9. Fastyskovskii A.R. On the issue of longitudinal strip separation by non-drive devices in the rolling mill flow. *Proizvodstvo prokata*. 2009;(3):4–9.
8. Matsuo G., Suzuki M. The latest technology of multi – slit rolling. *SEISI Quaterly*. 1995(3):49–58.
9. Следнев В.П. Спаренная прокатка сортовых профилей. Москва: Металлургия; 1988;167.
10. Wisselink H.H., Huetink J. 3D FEM simulation of stationary metal forming processes with applications to slitting and rolling. *Journal of Materials Processing Technology*. 2004;148(3):328–341. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2004.02.036>
11. Атанян В.Г. Сопротивление материалов. Москва: Изд-во Юрайт; 2023;438.

Сведения об авторах

Андрей Ростиславович Фастыковский, д.т.н., профессор кафедры «Обработка металлов давлением и материаловедения. ЕВРАЗ ЗСМК», Сибирский государственный индустриальный университет
ORCID: 0000-0001-9259-9038
E-mail: omd@sibsiu.ru

Владимир Анатольевич Вахроломеев, аспирант кафедры «Обработка металлов давлением и материаловедения. ЕВРАЗ ЗСМК», Сибирский государственный индустриальный университет
E-mail: wladimir170581@mail.ru

Александр Григорьевич Никитин, д.т.н., профессор кафедры механики и машиностроения, Сибирский государственный индустриальный университет
ORCID: 0000-0001-9198-6386
E-mail: nikitin1601@yandex.ru

Information about the Authors

Andrei R. Fastyskovskii, Dr. Sci. (Eng.), Prof. of the Chair “Metal Forming and Metal Science. OJSC “EVRAZ ZSMK”, Siberian State Industrial University
ORCID: 0000-0001-9259-9038
E-mail: omd@sibsiu.ru

Vladimir A. Vakhrolomeev, Postgraduate of the Chair “Metal Forming and Metal Science. OJSC “EVRAZ ZSMK”, Siberian State Industrial University
E-mail: wladimir170581@mail.ru

Aleksandr G. Nikitin, Dr. Sci. (Tech.), Professor of the Chair of Mechanics and Machine Engineering, Siberian State Industrial University
ORCID: 0000-0001-9198-6386
E-mail: nikitin1601@yandex.ru

Вклад авторов

А. Р. Фастыковский – формирование основной концепции, формулирование выводов, научное руководство.
В. А. Вахроломеев – выполнение экспериментальной части работы, написание текста.
А. Г. Никитин – доработка текста, корректировка выводов, обсуждение экспериментальной части.

Contribution of the Authors

A. R. Fastyskovskii – formation of the basic concept, formulation of conclusions, scientific guidance.
V. A. Vakhrolomeev – performing the experiments, writing the text.
A. G. Nikitin – revision of the text, correction of conclusions, discussion of the experiments.

Поступила в редакцию 27.12.2023
 После доработки 15.01.2024
 Принята к публикации 16.01.2024

Received 27.12.2023
 Revised 15.01.2024
 Accepted 16.01.2024