

УДК 621.967.1:621.77

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗКИ НА НОЖНИЦАХ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО ИЗОГНУТОЙ ПОЛОСЫ ПРОКАТА

**Никитин А.Г.<sup>1</sup>**, д.т.н., профессор, директор института машиностроения  
и транспорта (nikitin1601@yandex.ru)

**Демина Е.И.<sup>1</sup>**, аспирант кафедры механики и машиностроения (jane\_corresp@mail.ru)

**Баженов И.А.<sup>2</sup>**, к.т.н., доцент кафедры маркетинга (mta@kpost.ru)

<sup>1</sup> Сибирский государственный индустриальный университет  
(654007, Россия, Кемеровская обл., Новокузнецк, ул. Кирова, 42)

<sup>2</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина  
(620002, Россия, Екатеринбург, ул. Мира, 19)

**Аннотация.** Проведенный теоретический сравнительный анализ резки прямой и предварительно изогнутой полосы проката показал энергоэффективность второго способа. Экспериментально подтверждено, что при резке предварительно изогнутой полосы проката в ножницах с параллельными ножами возникает сложное напряженное состояние, при этом снижается сила резания и, соответственно, энергоемкость процесса резания по сравнению с резанием прямой полосы.

**Ключевые слова:** ножницы, сила резания, энергоэффективность, предварительно изогнутая полоса, сложное напряженное состояние.

**DOI:** 10.17073/0368-0797-2018-4-333-334

Разделение металлопроката на мерные длины является весьма важной и ответственной задачей при проектировании нового и модернизации действующего технологического оборудования в современном прокатном производстве. С учетом того, что операции поперечного разделения являются заключительными в технологической цепи производства и выполняются над товарным продуктом, к качеству и энергоэффективности процесса резки предъявляются особые требования [1 – 4].

Для поперечной резки проката на станах применяются ножницы с параллельными ножами. Допускаемые размеры поперечного сечения проката, разрезаемого на ножницах такого типа, определяются максимальной силой резания в холодном состоянии полосы, на которую рассчитаны ножницы. Этот процесс является весьма энергозатратным, поэтому в Сибирском государственном индустриальном университете разработана технология резки предварительно изогнутой полосы. Теоретически обосновано, что при таком способе резания сила при прочих равных условиях меньше из-за возникновения в полосе сложного напряженного состояния [5]. Например, при резке прямой полосы сечением 8×8 мм из стали 40 (для которой предел прочности при растяжении-сжатии  $\sigma_b = 568$  МПа, предел прочности про сдвиге  $\tau_b = 284$  МПа, предел текучести при растяжении-сжатии  $\sigma_T = 333$  МПа [6]) сила резания составляет  $P = \tau_b F = 340 \cdot 64 = 21,8$  кН (где  $F$  – площадь поперечного сечения полосы). При резке предварительно изогнутой до предела текучести материала полосы сила резания составляет

$$P \approx \sqrt{\tau_b^2 - \frac{\sigma_T^2}{4}} F = \sqrt{284^2 - \frac{333^2}{4}} \cdot 64 = 15,2 \text{ кН.}$$

Из расчета следует, что сила резания предварительно изогнутой полосы почти на 30 % меньше, чем сила резания прямой полосы.

Для проверки этих теоретических выводов спроектирована и изготовлена исследовательская установка, представляющая собой ножницы для резки полос с параллельными ножами (рис. 1), состоящая из рамы, электропривода с карданным валом, приводящим в движение в вертикальной плоскости через эксцентриковый



Рис. 1. Общий вид установки

Fig. 1. General view of the unit

вал верхний нож. Силу измеряли датчиками, закрепленными на верхнем ноже, сигнал с которых через усилитель и АЦП передавался на осциллограф.

Как видно из полученных осциллограмм (рис. 2), расхождение расчетных и экспериментальных значений составляет менее 10 %.

**Выводы.** Экспериментально подтверждено, что при резке предварительно изогнутой полосы проката в ножницах с параллельными ножами возникает сложное напряженное состояние, при этом снижается сила резания и, соответственно, энергоёмкость процесса резания по сравнению с резанием прямой полосы.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Degner W., Lutze H., Smejkal E. *Spanende Formung*. – Berlin: VEB Verlag Technik, 1971. – 335 S.
2. Kalpakjian S., Schmid S.R. *Manufacturing Processes for Engineering Materials*. 5th ed. – New Jersey: Pearson Education, 2008. – 1018 p.
3. Ramamurti V., Sasikiran S., Kumar P. Vinod. Dynamic analysis of a guillotine shearing machine // *Journal of Materials Processing Technology*. 1997. Vol. 71. No. 2. P. 202 – 214.
4. Каледина О.С., Лимарев А.С., Зотов С.В., Ярыгина О.С. Повышение эффективности производства сортового проката путем

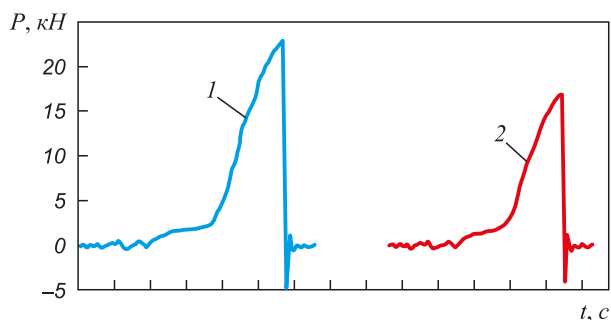


Рис. 2. Осциллограммы сил резания прямой полосы (1) и предварительно изогнутой полосы (2)

Fig. 2. Cutting forces oscillograms of straight (1) and pre-curved (2) strips

- рациональной резки металла // *Калибровочное бюро*. 2015. № 5. С. 14 – 19.
5. Никитин А.Г., Епифанцев Ю.А., Демина Е.И. Определение усилия резания на ножницах предварительно изогнутой полосы // *Изв. вуз. Черная металлургия*. 2015. № 5. С. 386, 387.
6. *Краткий справочник металлста* / Под общ. ред. П.Н. Орлова, Е.А. Скороходова. – М.: Машиностроение, 1986. – 960 с.

Поступила 4 декабря 2017 г.

IZVESTIYA VUZOV. CHERNAYA METALLURGIYA = IZVESTIYA. FERROUS METALLURGY. 2018. VOL. 61. No. 4, pp. 333–334.

#### EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF PRE-CURVED STRIPE CUTTING BY SCISSORS

A.G. Nikitin<sup>1</sup>, E.I. Demina<sup>1</sup>, I.A. Bazhenov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, Russia

<sup>2</sup>Ural Federal University named after the first President of Russia  
B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia

**Abstract.** Theoretical comparative analysis of cutting of straight and pre-curved strip of rolled metal has shown energy efficiency of the second method. It has been experimentally proved that during cutting of pre-curved strip of rolled metal in scissors with parallel knives, complex stressed state arises, while cutting force and correspondingly energy consumption of cutting process reduces as compared to cutting of straight strip.

**Keywords:** scissors, cutting force, energy efficiency, pre-curved strip, complex stress state.

DOI: 10.17073/0368-0797-2018-4-333-334

#### REFERENCES

1. Degner W., Lutze H., Smejkal E. *Spanende Formung*. Berlin: VEB Verlag Technik, 1971, 335 S. (In Germ.).
2. Kalpakjian S., Schmid S.R. *Manufacturing Processes for Engineering Materials*. 5th ed. New Jersey: Pearson Education, 2008, 1018 p.

3. Ramamurti V., Sasikiran S., Kumar P. Vinod. Dynamic analysis of a guillotine shearing machine. *Journal of Materials Processing Technology*. 1997, vol. 71, no. 2, pp. 202–214.
4. Kaledina O.S., Limarev A.S., Zotov S.V., Yarygina O.S. Increasing efficiency of production of long products by rational cutting of metal. *Kalibrovochnoe byuro*. 2015, no. 5, pp. 14–19. (In Russ.).
5. Nikitin A.G., Epifantsev Yu.A., Demina E.I. The determination of cutting force on the scissors at pre-curved strip cutting. *Izvestiya VUZov. Chernaya metallurgiya = Izvestiya. Ferrous Metallurgy*. 2015, no. 5, pp. 386–387. (In Russ.).
6. *Kratkii spravochnik metallista* [Metalworker's brief reference]. Orlov P.N., Skorokhodov E.A. eds. Moscow: Mashinostroenie, 1986, 960 p. (In Russ.).

#### Information about the authors:

**A.G. Nikitin**, Dr. Sci. (Eng.), Professor, Director of Institute of Machine Engineering and Transportation, Professor of the Chair of Mechanics and Machine Engineering (nikitin1601@yandex.ru)

**E.I. Demina**, Senior Lecturer of the Chair of Mechanics and Mechanical Engineering (jane\_corresp@mail.ru)

**I.A. Bazhenov**, Cand. Sci. (Eng.), Assist. Professor of the Chair of Marketing (mta@kpost.ru)

Received December 4, 2017