

УДК 621.967.1:621.77

## РАСЧЕТ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО ИЗГИБА ПОЛОСЫ ПРИ РЕЗКЕ НА НОЖНИЦАХ

**Никитин А.Г.**, д.т.н., доцент, зав. кафедрой машин и агрегатов  
технологического оборудования (nikitin1601@yandex.ru)

**Епифанцев Ю.А.**, к.т.н., доцент кафедры технической механики и графики

**Демина Е.И.**, аспирант кафедры транспорта и логистики

Сибирский государственный индустриальный университет  
(654007, Россия, Кемеровская обл., г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42)

**Аннотация.** Разработана методика расчета расстояния от верхней поверхности ролика подводящего рольганга до верхней поверхности ролика отводящего рольганга устройства для резки предварительно изогнутой полосы исходя из условий минимизации усилия резания полосы при выполнении требования ее прямолинейности после реза.

**Ключевые слова:** ножницы, резка, предварительно изогнутая полоса, допустимый прогиб, упругая деформация.

**DOI:** 10.17073/0368-0797-2016-2-142-143

Для поперечной резки проката на станах применяют ножницы с параллельными ножами. Допускаемые размеры поперечного сечения проката, разрезаемого на ножницах такого типа, определяются максимальным усилием резания, на которое рассчитаны ножницы [1]. С целью уменьшения энергоемкости процесса резки холодного проката разработана установка резки предварительно изогнутой полосы [2], на которой полоса в зоне резания под действием силы тяжести изгибается за счет того, что уровень отводящего рольганга (см. рисунок) расположен ниже уровня подводящего рольганга.

Процесс резки осуществляется следующим образом. Перед началом резания ножи раскрыты, и полоса проходит между ними по рольгангу; верхний нож при этом находится выше уровня верхней поверхности полосы и не мешает движению полосы. Затем полоса останавливается в необходимом положении по длине при помощи упора. При этом, лежа на ролики отводящего рольганга, она изгибается под действием силы тяжести. Оставшаяся часть полосы на подводящем рольганге прижимается к его роликам с помощью прижима.

В изогнутой части полосы до процесса резки возникают нормальные напряжения, которые в зоне резания достигают своего максимального значения в крайних по высоте заготовки волокнах.

Далее верхний нож опускается и происходит процесс резания, во время которого под действием поперечной силы движущегося ножа в плоскости резания возникают касательные напряжения. Таким образом, в зоне резания возникает сложное напряженное состояние. За счет этого усилие резания, необходимое для разделения полосы, будет меньше, чем усилие резания

при порезке не изогнутой полосы [3]. Таким образом уменьшается расход энергии при порезке полосы.

Необходимым условием получения качественного продукта (отрезанной заготовки) является прямолинейность заготовки, поэтому деформация изгиба полосы перед резом должна быть в зоне упругости, т. е. возникающие нормальные напряжения в полосе при ее изгибе должны быть меньше предела текучести материала полосы:

$$\sigma = M_{\text{изг}} / W \leq \sigma_T; \quad (1)$$

здесь  $W$  – момент сопротивления сечения полосы;  $M_{\text{изг}}$  – внутренний изгибающий момент, возникающий в полосе под действием силы тяжести не опирающейся на ролик отводящего рольганга ее части длины.

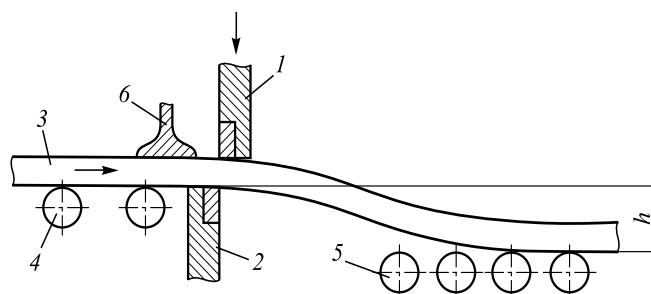


Схема устройства для резки предварительно изогнутой полосы:  
1 – верхний нож; 2 – нижний нож; 3 – полоса; 4 – подводящий рольганг; 5 – отводящий рольганг; 6 – прижим

Scheme of device for cutting of a pre-curved strip:  
1 – upper blade; 2 – lower blade; 3 – strip; 4 – feeding roll table;  
5 – discharge roll table; 6 – clamp

Для рассматриваемой схемы нагружения [4] имеем

$$M_{изг} = ql^2/2, \quad (2)$$

где  $q = F\gamma g$  – распределенная нагрузка, действующая на изогнутую часть полосы под действием силы тяжести;  $F$  – площадь поперечного сечения полосы;  $\gamma$  – удельная масса материала полосы;  $g$  – ускорение свободного падения;  $l$  – длина полосы, при которой в части полосы, не опирающейся на ролики отводящего рольганга, нормальные напряжения удовлетворяют условию упругой деформации.

Максимально допускаемое значение длины полосы определяется (с учетом выражения (1)) из уравнения (2) зависимостью  $l_{доп} = \sqrt{\frac{2W\sigma_T}{F\gamma g}}$ . Если длина отрезаемой полосы меньше  $l_{доп}$ , то полоса деформируется упруго без дополнительной опоры в виде верхней поверхности ролика отводящего рольганга. Если длина отрезаемой полосы больше  $l_{доп}$ , то полоса без дополнительной опоры деформируется пластически, что не допустимо.

Расстояние от верхней поверхности ролика подводящего рольганга до верхней поверхности ролика отводящего рольганга определяется из условия, что при максимально допустимом прогибе возникающие в полосе нормальные напряжения будут меньше предела текучести материала полосы. Максимально допустимый прогиб, задаваемый разностью верхних уровней подводящего и отводящего рольгангов, определяется

из величины допустимой длины полосы, при которой деформация полосы упругая [5]:  $h_{max} = \frac{ql_{доп}^4}{8EJ} = \frac{W^2\sigma_T^2}{2F\gamma gEJ}$ , где  $E$  – модуль упругости первого рода материала полосы;  $J$  – момент инерции сечения полосы.

Очевидно, что чем больше прогиб, тем большие по величине нормальные напряжения возникают в изогнутой полосе и тем меньшую по величине силу необходимо прикладывать для совершения операции резки. Однако из-за рассеивания механических характеристик материала при максимальной расчетной величине прогиба возможно остаточное пластическое деформирование полосы [6], поэтому максимально допустимый прогиб необходимо брать меньше расчетного, т. е.  $h = 0,8h_{max}$ .

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Машины и агрегаты металлургических заводов Т. 3 / Под ред. А.И. Целикова. – М.: Металлургия. 1988. – 680 с.
2. Пат. 91911 РФ. Устройство для резки проката / Никитин А.Г., Белов Е.Г., Полторацкий Л.М. Опубл. 2010, бюл. № 7.
3. 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.
4. Беляев Н.М. Соппротивление материалов. – М.: Наука. 1965. – 312 с.
5. Степин П.А. Соппротивление материалов. – СПб.: Лань, 2012. – 320 с.
6. Краткий справочник металлиста / Под общ. ред. П.Н. Орлова, Е.А. Скороходова. – М.: Машиностроение, 1986. – 960 с.

Поступила 20 ноября 2015 г.

IZVESTIYA VUZOV. CHERNAYA METALLURGIYA = IZVESTIYA. FERROUS METALLURGY. 2016. Vol. 59. No. 2, pp. 142–143.

## CALCULATION OF PRELIMINARY BENDING OF STRIP DURING CUTTING BY SHEARS

A.G. Nikitin, Yu.A. Epifantsev, E.I. Demina

Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, Russia

**Abstract.** The authors have developed the calculation method for the distance from the upper surface of the roller of feeding roll table to the upper surface of the roller of discharge roll table of the device for cutting of pre-curved stripes, proceeding from conditions of the band cutting force minimization in performing the requirements of its straightness after cutting.

**Keywords:** shears, cutting, pre-curved strip, allowable deflection, elastic deformation.

DOI: 10.17073/0368-0797-2016-2-142-143

#### REFERENCES

1. *Mashiny i agregaty metallurgicheskikh zavodov. T. 3* [Machines and equipment for steel plants, vol.3]. Tselikov A.I. ed. Moscow: Metallurgiya. 1988, 680 p. (In Russ.).
2. Nikitin A.G., Belov E.G., Poltoratskii L.M. *Ustroistvo dlya rezki prokata* [A device for cutting of rolled products]. Patent RF no. 91911, *Byulleten' izobretenii*. 2010, no. 7. (In Russ.).

3. 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.).
4. Belyaev N.M. *Soprotivlenie materialov* [Strength of materials]. Moscow: Nauka. 1965. 312 p. (In Russ.).
5. Stepin P.A. *Soprotivlenie materialov* [Strength of materials]. St. Petersburg: Lan', 2012, 320 p. (In Russ.).
6. *Kratkii spravochnik metallista* [Brief reference guide for metalworker]. Orlov P.N., Skorokhodov E.A. eds. Moscow: Mashinostroyeniye, 1986, 960 p. (In Russ.).

#### Information about the authors:

A.G. Nikitin, Dr. Sci. (Eng.), Assist. Professor, Head of the Chair of Machinery and Technological Equipment  
(nikitin1601@yandex.ru)

Yu.A. Epifantsev, Cand. Sci. (Eng.), Assist. Professor of the Chair "Technical Mechanics and Graphics"

E.I. Demina, Postgraduate of the Chair of Transport and Logistics

Received November 20, 2015