

**С.О. Непряхин, В.А. Шилов, Д.Л. Шварц**

Уральский федеральный университет

## ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ПРИРАЩЕНИЕ ФЛАНЦЕВ ПРИ ПРОКАТКЕ ДВУТАВРОВЫХ ПРОФИЛЕЙ В УНИВЕРСАЛЬНОМ БАЛОЧНОМ КАЛИБРЕ

**Аннотация.** Разработана математическая модель формоизменения широкополочных двутавров при прокатке в универсальном балочном калибре, которая позволяет оценить влияние геометрических параметров на утяжку или приращение фланцев прокатываемого профиля. Установлено решающее влияние отношения коэффициентов обжатий шейки и фланцев на приращение (утяжку) фланцев, а также относительной высоты фланцев.

**Ключевые слова:** математическая модель, прокатка широкополочных балок, приращение фланцев, коэффициент обжатия, формоизменение.

## THE INFLUENCE OF GEOMETRICAL PARAMETERS ON INCREMENT OF H-BEAM FLANGES IN UNIVERSAL BEAM GROOVE

**Abstract.** The mathematical model of metal forming under rolling of H-beam in universal beam groove was developed that enables to assess effect of the geometrical parameters on increment or pulling-down of a rolling section flange. The influence of draft ratio of web and flange on increment or pulling-down of flange and relative height of flange was determined.

**Keywords:** mathematical model, rolling of H-beam, increment of flange, draft ratio, forming.

При проектировании калибровок валков для прокатки двутавровых профилей на современных рельсобалочных станах, снабженных непрерывно-реверсивными группами четырехвалковых универсальных и двухвалковых вспомогательных клетей [1, 2], необходимо рассчитывать приращение фланцев в универсальных калибрах.

Для однозначного описания формоизменения металла при прокатке в универсальном калибре (см. рисунок) применены следующие безразмерные геометрические параметры: коэффициент обжатия шейки  $\frac{1}{\eta_{ш}} = \frac{d'}{d}$ ; коэффициент обжатия полок двутавра  $\frac{1}{\eta_{ф}} = \frac{a'}{a}$ ; относительная

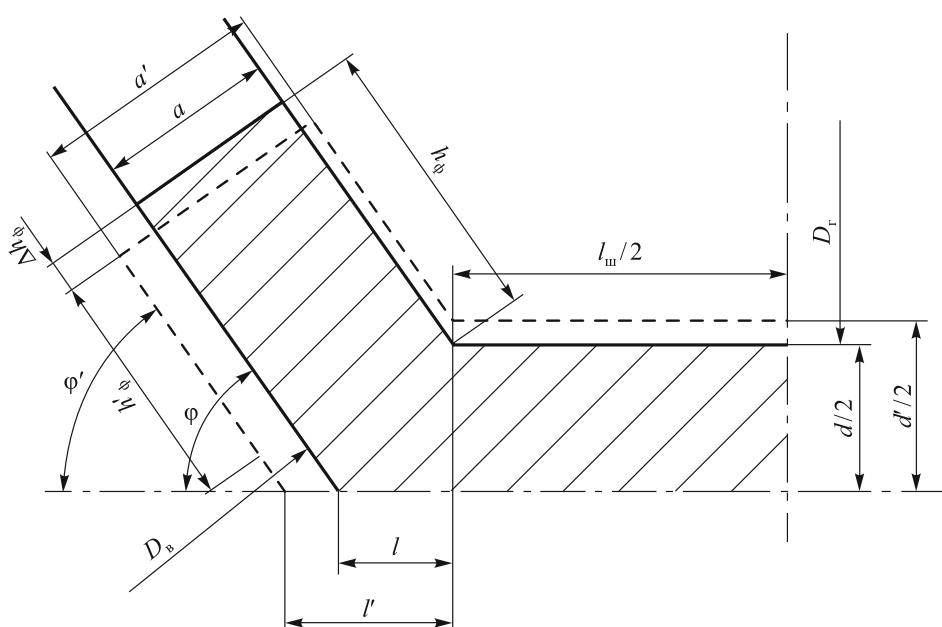


Схема прокатки двутаврового профиля в универсальном балочном калибре (ввиду симметрии показана одна четверть очага деформации, пунктирными линиями показан профиль, задаваемый в универсальный калибр)

тельная высота фланцев профиля  $\tilde{b} = h_{\phi} / a$ ; относительная толщина фланцев  $\tilde{a} = a / d$ ; относительное приращение фланцев  $\Delta \tilde{h}_{\phi} = \Delta h_{\phi} / d$ ; наклон фланцев профиля  $\operatorname{tg} \varphi$ .

Рассмотрен случай прокатки двутавра с параллельными гранями полок ( $\varphi = \varphi'$ ) в калибре с одинаковой длиной бочки горизонтальных валков ( $l'_{ш} = l_{ш}$ ).

Под действием комплекса указанных безразмерных параметров фланцы двутаврового профиля обычно получают приращение  $\Delta h_{\phi} = h_{\phi} - h'_{\phi} > 0$  или утяжку  $\Delta h_{\phi} = h_{\phi} - h'_{\phi} < 0$  (в редких случаях).

При расчете рациональных режимов обжатий, обеспечивающих высокое качество двутавров, необходимо получить максимально возможную равномерность деформации по шейке и фланцам, что достигается за счет выполнения условия

$$\lambda_{\phi} = (1 + \varepsilon) \lambda_{ш}, \quad (1)$$

где  $\lambda_{ш}$  и  $\lambda_{\phi}$  – коэффициенты вытяжки шейки и фланцев ( $\lambda_{ш} = \omega'_{ш} / \omega_{ш}$  и  $\lambda_{\phi} = \omega'_{\phi} / \omega_{\phi}$ );  $\varepsilon = 0,00 \div 0,03$  для увеличения вытяжки фланцев с целью устранения волнистости стенки.

Выражая величины площадей поперечного сечения до ( $\omega'_{ш}$ ,  $\omega'_{\phi}$ ) и после ( $\omega_{ш}$ ,  $\omega_{\phi}$ ) прокатки через указанные выше безразмерные параметры и решая уравнение (1) относительно  $\Delta h_{\phi}$ , получили формулу для определения относительного приращения фланцев

$$\Delta \tilde{h}_{\phi} = \frac{1}{2} \left[ 2\tilde{b}\tilde{a} - L'_* \cos \varphi + \left( 1 - \frac{1}{2\eta_{ш}} \right) \sin \varphi - \frac{1/\eta_{ш}}{1/\eta_{\phi}} \times \right. \\ \left. \times \left( 2\tilde{b}\tilde{a} - L_* \cos \varphi + \frac{1}{2} \sin \varphi + L_{**} \right) \right], \quad (2)$$

$$\text{где } L'_* = \frac{1}{\eta_{\phi} \cos \varphi} - \frac{1}{2\eta_{ш}}; L_* = \frac{\tilde{a}}{\cos \varphi} - \frac{1}{2};$$

$$L_{**} = \frac{1}{\cos \varphi} \left( 1 - \frac{1}{2\eta_{\phi}} \right) - \frac{1}{2\tilde{a}} \left( 1 - \frac{1}{2\eta_{ш}} \right) \cdot 2\operatorname{tg} \varphi.$$

Анализ полученной формулы (2) показал, что основное влияние на приращение фланцев оказывает отношение коэффициентов обжатий фланцев и шейки  $\frac{1/\eta_{\phi}}{1/\eta_{ш}}$ , а также относительная высота фланцев  $\tilde{b}$ , причем с увеличением отношения коэффициентов обжатий  $\frac{1/\eta_{\phi}}{1/\eta_{ш}}$  и относительной высоты фланцев  $\tilde{b}$  приращение фланцев увеличивается. Такая зависимость подтверждается результатами теоретических и экспериментальных исследований [3]. Полученную геометрическую модель предполагается использовать для вариационного исследования закономерностей течения металла при прокатке широкополочных двутавров.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. М а т в е е в Б.Н. // Черная металлургия: Бюл. ин-та «Черметинформация». 2006. № 2. С. 40 – 43.
2. С в е й к о в с к и У., Н е р з а к Т. // Металлургическое производство и технология (МРТ). 2006. № 2. С. 50 – 56.
3. T a k a s h i m a Y., Y a n a g i m o t o J. // Steel Research int. 2011. Vol. 82. No. 10. P. 1240 – 1247.

© 2013 г. С.О. Непряхин, В.А. Шилов, Д.Л. Шварц  
Поступила 16 июля 2013 г.