

Листовая штамповка

МОДЕЛЬ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ МЕТАЛЛА В КАЛИБРАХ РОМБИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Л.С. КОХАН, *д-р техн. наук, проф.*

Ю.А. МОРОЗОВ, *канд. техн. наук, доц.*

"Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ)"
111250, Москва, Б. Семеновская, 38, т. 8(916)877-66-96; akafest@mail.ru

Рассматривается деформационная модель формоизменения заготовки при последовательной передаче ее из калибра в калибр. Граничные условия перемещения металла на примере многоугольных контуров системы «ромб-ромб» позволяют установить поперечную деформацию заготовки и величину уширения металла.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: прокатка, калибр, деформация, уширение.

Деформирование металла при прокатке в калибрах сортовых станов обуславливает его формоизменение и, как следствие, интенсивное перемещение в вертикальной и горизонтальной плоскостях, чем вызывается уширение раската [1]. Как показывают исследования, при монотонных сочетаниях профилей и калибров, деформационная модель перемещений, согласно которой происходит изменение положения точек в процессе деформации, может быть описана линейной моделью вида [2, 3]:

$$U = k_1 x + k_2 y . \quad (1,a)$$

Однако уже при немонотонных и сложных сочетаниях указанная модель не совсем точно отражает деформационные процессы, развивающиеся при обжатии металла. Поэтому модель поперечного перемещения в многоугольных контурах требует дополнительных граничных условий

$$U = k_1 x + k_2 y + k_3, \quad (1, \bar{b})$$

где k_1, k_2, k_3 – коэффициенты, определяемые граничными условиями исходя из очертания калибра и заготовки, а также способа ее задачи в валки.

Рассмотрим прокатку раската в системе калибров «ромб-ромб» (рис. 1).

Перемещение металла по горизонтальной и вертикальной осям:

- при $x=0$ и $y = \frac{b}{2}$ перемещение $U_x = 0 = k_2 \frac{b}{2}$ и $k_2 = 0$;
- при $x = \frac{h}{2}$ и $y = 0$ перемещение $U_x = \frac{B}{2} - \frac{h}{2} = k_1 \frac{h}{2}$ и $k_1 = \frac{B}{h} - 1$.

Поиск коэффициента k_3 требует определения координаты точки пересечения граней E . Из системы уравнений описания граней

$$\begin{cases} \frac{b}{2} - \frac{b}{h} x_i = y_i ; \\ \frac{H}{2} - \frac{H}{B} x_i = y_i , \end{cases} \quad \text{находим} \quad y_i = \frac{b \left(\frac{H}{h} - \frac{H}{B} \right)}{2 \left(\frac{b}{h} - \frac{H}{B} \right)} \quad \text{и} \quad x_i = \frac{b - H}{2 \left(\frac{b}{h} - \frac{H}{B} \right)}.$$

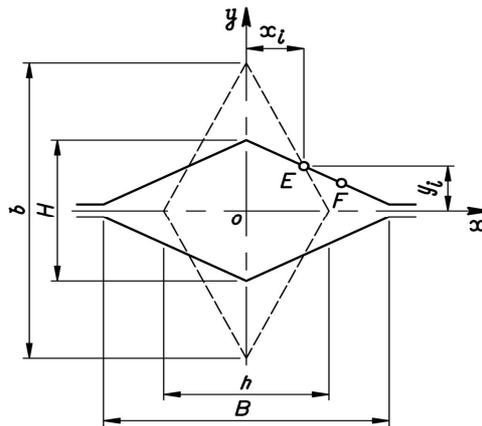


Рис. 1. Схема калибровки "ромб-ромб"

Координаты конечной точки F будут определяться с использованием модели вертикального перемещения

$$y_F = y_i + U_y = y_i \frac{H}{b} \quad \text{и соответственно} \quad x_F = \frac{B}{2} - y_F \frac{B}{H}.$$

Тогда поперечное перемещение $U_x = k_1 x_i + k_3 x_i y_i = \frac{B}{2} - y_F \frac{B}{H} - x_i$.

Искомый коэффициент

$$k_3 = \frac{\frac{B}{2} - y_F \frac{B}{H} - k_1 x_i - x_i}{x_i y_i} = \frac{x_F - k_1 x_i - x_i}{x_i y_i}. \quad (2)$$

Рассмотрим прокатку квадратной заготовки со стороной $A = 52$ мм в двух последовательных ромбических калибрах. Применительно к технологии получения продукта, вытяжка в ромбических и квадратных калибрах устанавливается в пределах $\mu = 1,15 \dots 1,4$. Хотя на практике вытяжка в ромбическом калибре всегда больше чем в квадратном, что связано с более благоприятными условия-

ми развития уширения в квадратном калибре при прокатке в нем высоких и узких ромбов $\mu_p/\mu_{KB} = 1,1 \dots 1,25$. Соответственно величина соотношения вытяжек, по которой увеличивается Δ_p и уменьшается Δ_{KB} , пропорционально квадратному корню из этого коэффициента:

$$\Delta = \sqrt{\frac{\mu_p}{\mu_{KB}}} = \sqrt{1,1 \dots 1,25} = 1,045 \dots 1,118.$$

Принимая величину вытяжки в калибре $\mu = 1,15$ и $\Delta = 1,08$, находим фактическую вытяжку в ромбическом калибре $\mu_p = 1,15 \cdot 1,08 = 1,24$.

В результате площадь первого ромбического калибра:

$$F_{p1} = \frac{A^2}{\mu_p} = \frac{52,0^2}{1,24} = 2180,6 \text{ мм}^2.$$

При конструктивном отношении сторон ромбического калибра

$$\frac{h}{b} = 0,7 \dots 0,85;$$

площадь калибра также можно представить как

$$F_{\delta 1} = \frac{h b}{2} = \frac{h b^2}{2} = 0,78 \frac{b^2}{2} = 0,39 b^2.$$

Тогда ширина и высота первого ромбического калибра, обуславливающего придание раскату соответствующих размеров (рис. 1)

$$b = \sqrt{\frac{F_{p1}}{0,39}} = \sqrt{\frac{2180,6}{0,39}} = 74,8 \text{ мм} \text{ и } h = \frac{h}{b} b = 0,78 \cdot 74,8 = 58,3 \text{ мм}.$$

Аналогично определяются размеры второго ромбического калибра, площадь которого при той же вытяжке $\mu_p = 1,24$:

$$F_{p2} = \frac{F_{p1}}{\mu_p} = \frac{2180,6}{1,24} = 1758,5 \text{ мм}^2.$$

Откуда ширина и высота второго ромбического калибра:

$$B = \sqrt{\frac{F_{p2}}{0,39}} = \sqrt{\frac{1758,5}{0,39}} = 67,1 \text{ мм} \text{ и } H = \frac{H}{B} B = 0,78 \cdot 67,1 = 52,3 \text{ мм}.$$

С полученными геометрическими характеристиками ромбических калибров, проверим величину поправки, вносимую дополнительной составляющей поперечного перемещения k_3 :

$$y_i = \frac{b \left(\frac{H}{h} - \frac{H}{B} \right)}{2 \left(\frac{b}{h} - \frac{H}{B} \right)} = \frac{74,8 \left(\frac{52,3}{58,3} - \frac{52,3}{67,1} \right)}{2 \left(\frac{73,9}{55,4} - \frac{51,2}{65,6} \right)} = 8,8 \text{ мм};$$

$$x_i = \frac{b - H}{2 \left(\frac{b}{h} - \frac{H}{B} \right)} = \frac{74,8 - 52,3}{2 \left(\frac{74,8}{58,3} - \frac{52,3}{67,1} \right)} = 22,34 \text{ мм}.$$

Искомые координаты $y_F = y_i \frac{H}{b} = 8,8 \frac{52,3}{74,8} = 6,15 \text{ мм};$

$$x_F = \frac{B}{2} - y_F \frac{B}{H} = \frac{67,1}{2} - 6,15 \frac{67,1}{52,3} = 25,66 \text{ мм}.$$

Предварительно определив

$$k_1 = \frac{B}{h} - 1 = \frac{67,1}{58,3} - 1 = 0,151,$$

вычисляем искомый коэффициент (2)

$$k_3 = \frac{25,66 - 0,151 \cdot 22,34 - 22,34}{22,34 \cdot 8,8} = 0,00027.$$

Малое значение поправочного коэффициента позволяет им пренебречь, поэтому с достаточной для практических расчетов точностью моделью поперечного перемещения можно принять по (1, a):

$$U_x = k_1 x + k_2 y.$$

Тогда, при $k_2 = 0$, модель поперечного перемещения

$$U_x = k_1 x,$$

где коэффициент k_1 определяет деформацию в поперечном направлении при прокатке ромбического раската в ромбическом калибре:

$$\varepsilon_x = k_1 = \frac{B}{h} - 1 = \frac{67,1}{58,3} - 1 = 0,151.$$

Соответственно уширение и ширина раската:

$$\Delta b = \varepsilon_x h = 0,151 \cdot 58,3 = 8,8 \text{ мм};$$

$$b_p = h + \Delta b = 58,3 + 8,8 = 67,1 \text{ мм},$$

что полностью соответствует ширине калибра $B = 67,1$ мм.

Л и т е р а т у р а

1. Solod V., Kulagin R., Beygelzimer Y. A local approach to simulating bar forming in pass rolling. – Journal of Materials Processing Technology. – Vol. 190, Iss. 1–3, 23 July 2007. – P. 23-25.

2. Кохан Л.С., Лебедев Н.Н., Морозов Ю.А., Мочалов Н.А. Проектирование калибров сортовых станов и операций листовой штамповки. – М.: МГВМИ, 2007. – 340 с.

3. Кохан Л.С., Роберов И.Г., Морозов Ю.А., Шульгин А.В. Исследование уширения при прокатке в ромбических калибрах // Технология металлов. – М.: «Наука и технологии», 2008. – Вып. 11. – С. 18-21.

R e f e r e n c e s

1. Solod, V., Kulagin, R., Beygelzimer, Y (2007). A local approach to simulating bar forming in pass rolling. *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 190, Iss. 1–3, p. 23-25.

2. Kohun, LS, Lebedev, NN, Morozov, YuA, Mochalov, NA (2007). *Proektirovanie Kalibrov Sortovykh Stanov i Operatsiy Listovoy Shtampovki*. M.: MGVMI, 340 p.

3. Kohun, LS, Roberov, IG, Morozov, YuA, Shul'gin, AV (2008). Issledovanie ushireniya pri prokatke v rombicheskikh kalibrakh. *Tekhnologiya metallov*. M.: "Nauka i tekhnologii", Vol. 11, p. 18-21.

MODEL OF MOVEMENT OF METAL IN CALIBRES OF RHOMBIC SYSTEM

L.S. Kohun, Yu.A. Morozov.

Moskovskiy gosudarstvenniy vecherniy metallurgicheskiy institut, Moscow

The deformation model of forming of preparation is considered by its consecutive transfer from caliber in caliber. Boundary conditions of movement of metal on the example of multiangular contours of «rhombus-rhombus» system allow establishing cross deformation of preparation and size of broadening of metal.

KEY WORDS: rolling, caliber, deformation, laterals spreading.