

$$P_{д,отб}^{max} = 1,57 R_n S_o \sigma_s^{cp} (\operatorname{tg}^2 \alpha + \sin^2 \alpha) (1 + \mu / \operatorname{tg} \alpha) \times \left[\frac{4}{2 - \sin^2 \alpha} - 1 - \frac{1,5 \sin^2 \alpha}{\operatorname{tg}^2 \alpha + \mu \cdot \operatorname{tg} \alpha + 2} \right] / \cos \alpha$$

Среднее значение истинного напряжения в очаге деформации при отбортовке рассчитывается по выражению

$$\sigma_s^{cp} = \frac{\sigma_s}{1 - \psi_{ш}} \left[\frac{R_n \cos^2 \alpha - R_o}{R_n \cos^2 \alpha + R_o} \right]^{1 - \psi_{ш}}$$

Выводы

В работе проведены расчетно-экспериментальные исследования отбортовки отверстий в традиционной листовой заготовке и предварительно спрофилированной заготовке.

Показано, что использование спрофилированной заготовки приводит к получению постоянной толщины стенки, исключает разнотолщинность и искривление сдеформированной части заготовки, которые имеют место и являются недостатками при отбортовке традиционной заготовки. Методом конечных элементов выполнен анализ профилирования исходной заготовки выдавливанием конусным пуансоном с последующим выполнением пробивкой перемычки и отбортовки. Установлены размеры профиля, обеспечивающие после отбортовки постоянную толщину стенки, которая равняется толщине исходной заготовки. Приведены аналитические зависимости для определения усилия профилирования заготовок выдавливанием, формы и размеров профиля, усилия отбортовки.



УДК 621.771.016

Николаев В. А. /д. т. н./, Жученко С. В.

ЗГИА

Наука

Определение прогибов и профилировки валков полосовых прокатных станов

Установлено, что неравномерность погонных сил в контакте с полосой существенно зависит от различия обжатий по ширине полосы, а следовательно, и от отношения В/Л. Получены формулы для расчета коэффициента неравномерности n_1 в зависимости от различия обжатий по ширине полосы и отношения В/Л. Показано, что при $n_1 \neq 1,0$ и $B/L < 0,7$ величина профилировки рабочего вала заметно зависит от ширины полосы. На величину профилировки рабочего вала существенное влияние оказывает диаметр рабочих валков, используемых на стане, особенно при прокатке узких полос. Ил. 1. Табл. 1. Библиогр.: 13 назв.

Ключевые слова: прокатка, полоса, прогиб, расчет, неравномерность, сила прокатки, обжатие

It is determined that nonuniformity of forces per unit length in touch with the band significantly depends on the differences of edge reduction of the band and consequently on the correlation of B/L. Formulas for calculation of irregularity coefficient n_1 depending on the differences of reduction of band edges and correlation of B/L are obtained. It is shown that at $n_1 \neq 1,0$ and $B/L < 0,7$ the value of profiling of work roll depends on the band width. Diameter of working rolls used on the mill, especially during rolling of narrow bands, affects the value of profiling of working roll.

Keywords: rolling, band, bend, calculation, nonuniformity, rolling force, cobbing

Библиографический список

1. Романовский В. П. Справочник по холодной штамповке. 6-е изд., перераб. и доп. / В. П. Романовский – Ленингр. отд-ние: Машиностроение, 1979. – 520 с.
2. Ковка и штамповка: Справочник: в 4 т. Т. 4 Листовая штамповка / Под ред. А. Д. Матвеева; Ред. совет: Е. И. Семенов (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1985-1987. – 544 с.
3. Калюжный А. В. Анализ силовых режимов и качества изделий при отбортовке пуансоном разной геометрической формы / А. В. Калюжный, С. А. Пахолко // Вестник НТУУ «КПИ». сер. Машиностроение. – Киев. – 2011 – № 63. – С. 123-127.
4. Калюжный А. В. Расчетно-экспериментальный анализ влияния относительной толщины заготовки на силовые режимы и качество изделий при отбортовке / А. В. Калюжный, С. А. Пахолко // Обработка материалов давлением. Сборник научных трудов. – ДГМА. – Краматорск. – 2011– № 3 (28). – С. 177-183.
5. Калюжный В. Л. Исключение утонения и искривления торца стенки при отбортовке отверстий / В. Л. Калюжный, С. А. Пахолко, И. П. Куликов. // Вестник НТУ «ХПИ». – Харьков. – 2011 – № 46. – С. 41-48.
6. Пат. 69344 Украина, МПК 21D 26/02. Способ отбортовки отверстий / Калюжный А. В., Пахолко С. А., Куликов И. П. // Заявл. 18.10.2011; опубл. 25.04.2012, Бюл. № 8/2012.

Поступила 08.07.2014

Формирование межвалкового зазора в клетях станов горячей и холодной прокатки выполняются по нескольким каналам регулирования, но станочное профилирование остается основным способом придания опорным и рабочим валкам необходимой исходной выпуклости (вогнутости) для предварительной компенсации их прогибов, неравномерной упругой деформации по длине опорных (рабочих) валков и постепенной выработки опорных валков [1-5]. Образующие бочек рабочих валков во многих случаях выполняют по закону квадратичной параболы, а опорных со скосами (врезами) на краях бочек и с образующими цилиндрического, квадратичного, биквадратичного видов. В указанных работах показана эффективность эксплуатации опорных валков с образующими бочек в виде парабол биквадратичного типа, по сравнению с профилировкой бочек по квадратичной параболе.

Величину профилировки f_p рабочего валка рекомендуется рассчитывать по формуле, учитывающей влияние основных технологических факторов на размеры зазора между рабочими валками (для одного валка, мм) [2]

$$f_p = \left[w_p + w_{оп} - 0,5\delta h_b \left(\frac{L_2}{B} \right)^2 \right] \cdot \left(\frac{L}{L_2} \right)^2 - 0,5 \cdot (f_{оп} \pm \delta_B) - \Delta D_t, \quad (1)$$

где w_p – величина собственного прогиба рабочего валка; $w_{оп}$ – величина прогиба опорного валка; δh_b – допускаемая поперечная разнотолщинность полосы в данной клетке; L и L_2 – полная длина и активная (без скосов) длина опорного валка (длины бочек опорного и рабочего валков одинаковые); B – ширина полосы; $f_{оп}$ – выпуклость (вогнутость) опорного валка с учетом градиента температур по длине бочки; δ_B – величина выработки опорного валка (знак «+» если большая выработка в середине длины бочки, знак «-» – на краях); ΔD_t – температурная выпуклость рабочего валка, которая определяется выражением

$$\Delta D_t = 0,155^3 \sqrt{(\Delta t / 35)^2},$$

где Δt – градиент температур по длине бочки валка, °С.

Величины прогибов определяют по выражениям:

- рабочий валок

$$w_p = \frac{PL_2^3 A}{384 E_p J_1} \left\{ \frac{3}{2+n} [3-1,7(1-n)] \cdot \frac{B^3}{L_2^2} \cdot \frac{3}{2+n} \left[1-4 \frac{L_2}{B} + 6 \frac{L_2^2}{B^2} - 8(1-n) \left(0,5 \frac{L_2^2}{B^2} - 0,167 \frac{L_2^3}{B^3} - 0,12 \right) \right] \right\} + \frac{PL_2 A k}{4\pi R_1^2 G_1} \left[\frac{3}{2+n} \left(0,5 - \frac{1-n}{4} \right) - \frac{B}{L_2} \cdot \frac{3}{2+n} \left(0,5 - \frac{1-n}{4} \right) \right] + \frac{Q L_2^2}{32 E_p J_1} \left[\frac{a}{L_2} \left(1 - \frac{2a^2}{3 L_2^2} \right) \cdot \frac{1}{3} \right]; \quad (2)$$

- опорный валок ($m = 2$)

$$w_{оп} = \frac{PL_2^3 A}{29,5 E_p J_2} \left[\frac{1+2n}{2+n} + 2,9 \frac{E_2 J_2 L}{G_2 R_2^2 L_2} \left(1 - \frac{L_2}{2L} \right) \cdot 0,92 \left(\frac{a_0}{L_2} - 1 \right) \right] + \frac{PkL}{12,5 R_2^2 G_2} \left(1 - \frac{0,5 L_2}{L} \right). \quad (3)$$

где E_1 и E_2 – модули упругости материала рабочего и опорного валков; G_1 и G_2 – модули сдвига материала рабочего и опорного валков; J_1 и J_2 – моменты инерции сечений рабочего и опорного валков; a_0 – расстояние между точками приложения равнодействующих сил, действующих на шейки опорных валков; k – коэффициент ($k = 1,2$); P – сила прокатки; n, n_1 – коэффициенты, учитывающие влияние неравномерности погонных сил соответственно на межвалковом контакте и на контакте полосы с рабочим валком; Q – сила противоизгиба на шейках рабочего валка; a – расстояние между осями плунжеров противоизгиба рабочих валков; R_1 – радиус валка; A – коэффициент, учитывающий величину силы противоизгиба валков, $A=1+Q/P$.

В выражении (2) первая составляющая в фигурных скобках учитывает влияние изгибающего момента, вторая составляющая учитывает влияние перерезывающих сил, а последняя (третья) составляющая учитывает влияние на прогиб действие противоизгиба рабочего валка. В отличие от известных [4, 6], выражение (2) позволяет рассчитывать прогиб рабочих валков с учетом неравномерного распределения погонных сил на контакте полосы с рабочими валками, что обеспечивает получение более точных данных. Для определения степени неравномерности указанных погонных сил получены теоретические и экспериментальные зависимости, которые представлены ниже.

Достоинством формулы (3) для расчета прогиба опорного валка является учет влияния опорного момента, косвенно учитывающего величину зазоров между шейкой опорного валка и внутренним кольцом подшипника качения (последняя составляющая в квадратных скобках формулы) [1, 6]. Расчеты и эксперименты показывают, что при отсутствии зазоров в подшипниках параметр a равен расстоянию между осями нажимных винтов и прогиб опорного валка минимален. При максимальных зазорах и $a = L$ – прогиб опорного валка максимален. Следовательно, увеличение параметра a улучшает условия регулирования межвалкового зазора и поперечного профиля полосы даже при помощи нажимных винтов.

Входящие в формулы параметры, характеризующие упругие свойства валков равны:

• моменты инерции:

$$J_1 = 0,785 R_1^4; \quad J_2 = 0,785 R_2^4,$$

где R_1 и R_2 – радиусы рабочего и опорного валков.

• модули упругости и сдвига:

стальные валки	чугунные валки
$E = 220000 \text{ Н/мм}^2$;	$E = 186000 \text{ Н/мм}^2$;
$G = 87000 \text{ Н/мм}^2$;	$G = 73500 \text{ Н/мм}^2$.

Из выражения (2) видно, что коэффициент неравномерности погонных межвалковых сил влияет на прогиб рабочего валка и обусловлен размерами валков, шириной полосы и суммарной выпуклостью контактирующих валков, и по данным [3, 13] равен ($n = q_1/q_0$)

$$n = \left[0,86 + 0,97 \frac{B}{L_2} \left(2,44 \frac{B}{L_2} - 1 \right) - 5,9 \frac{D_1}{D_2} \left(1 - 1,56 \frac{D_1}{D_2} \right) \right] \times \left[0,5 + 0,5 \left(1 - \frac{10^3 f_{\Sigma}}{L_2} \right)^2 \right], \quad (4)$$

где D_1, D_2 – диаметры рабочего и опорного валков; f_{Σ} – суммарная выпуклость рабочего и опорного валков на радиусы; q_1, q_0 – погонные силы соответственно на кромке и в середине межвалкового контакта.

При прокатке узких полос ($B/L \leq 0,7$) коэффициент $n < 1,0$ (выпуклая эпюра межвалковых погонных сил), а для широких полос ($B/L \geq 0,7$) коэффициент $n \geq 1,0$. Экспериментальные и теоретические исследования свидетельствуют, что при $n < 1,0$ собственный прогиб рабочего валка всегда больше, чем при $n > 1,0$ (вогнутая эпюра межвалковых погонных сил).

Экспериментальные и теоретические исследования показывают также заметное влияние на прогиб рабочего валка неравномерности распределения погонных сил в контакте рабочего валка и полосы, которая обусловлена неравномерностью величин обжатий по ширине полосы [8-10]. Большие величины погонных сил в средней части ширины полосы ($n_1 < 1,0$) обуславливают и больший собственный прогиб рабочего валка и, наоборот, меньшие величины погонных сил в средней части ширины полосы ($n_1 > 1,0$) свидетельствуют о небольших величинах собственного прогиба рабочего валка или о его отсутствии ($n_1 = p_1/p_0$, где p_1, p_0 – погонные силы соответственно на кромке и в середине контакта полосы с рабочими валками).

Таким образом, коэффициент n_1 , наряду с коэффициентом n , оказывает определенное влияние на величины собственного прогиба рабочего валка. По данным [8] коэффициент n_1 зависит от ширины полосы (величины прогиба рабочих валков) и при отсутствии натяжения полосы изменяется в пределах до $n_1 \approx 1,4-1,7$. Приложение натяжения к концам полосы несколько уменьшает указанные значения, противоизгиб рабочих валков их увеличивает. Однако, несмотря на выполненные широкие специальные исследования [8] в этой работе отсутствуют какие-либо рекомендации по расчету коэффициента n_1 для различных условий прокатки.

Теоретические исследования [9-11] позволили установить, что на величину коэффициента n_1 основное влияние оказывают относительное обжатие и неравномерность его изменения по ширине полосы вследствие, например, неодинаковых величин поперечной разнотолщинности полосы до и после прокатки. При этом увеличение разности поперечных разнотолщинностей полосы на входе и выходе из валков приводит к уменьшению коэффициента n_1 (выпуклая эпюра погонных сил) и, следовательно, к увеличению прогиба рабочего валка [1, 2]. В соответствии с исследованиями [10] получим следующие выражения для коэффициента n_1 (при отсутствии противоизгиба рабочих валков и отсутствии напряжений продольного растяжения полосы):

для $\Delta П/Н > 0$

$$n_1 = 0,81 + 1,35 \cdot \varepsilon - 3 \Delta П/Н (1 + 1,67 \cdot \varepsilon); \quad (5)$$

для $\Delta П/Н < 0$

$$n_1 = 1,3 - 1,08 \cdot \varepsilon - 5 \Delta П/Н (1 - 0,8 \cdot \varepsilon), \quad (6)$$

где ε – относительное обжатие полосы; H – толщина полосы до прокатки; $\Delta П$ – максимальное различие поперечных разнотолщинностей по оси полосы до и после прокатки ($\Delta П = \delta H_b - \delta h_b$); $\delta H_b, \delta h_b$ – поперечная разнотолщинность полосы до и после прокатки. Анализ выражений (5), (6) показывает, что при $\Delta П/Н > 0$ (узкие полосы) увеличение параметра $\Delta П$ и уменьшение относительного обжатия ε повышает неравномерность деформации по ширине полосы и способствует уменьшению коэффициента n_1 . При прокатке широких полос увеличиваются обжатия и погонные силы по кромкам полосы и поэтому $\Delta П/Н < 0$.

Параметр $\Delta П$ характеризует не только различие величин разнотолщинностей заготовки и полосы, но и влияние величины прогиба рабочего валка, увеличение которого обуславливает увеличение неравномерности обжатий по ширине полосы. Результаты расчетов по выражениям (5), (6) качественно соответствуют экспериментальным исследованиям [7, 8].

В исследованиях [1, 3, 12] на лабораторных станах различного типа ($L = 300; 360$ мм) при прокатке дюралюминиевых полос шириной 200 и 260 мм со свидетелями в виде небольших отверстий получены зависимости коэффициента n_1 при изменении отношения обжатий полосы на кромке (Δh_1) и по оси (Δh_0). Установлено, что с увеличением отношения $\Delta h_1/\Delta h_0$ коэффициент n_1 увеличивается по параболической зависимости, но при $\Delta h_1/\Delta h_0 < 1,0$ коэффициент n_1 равен $n_1 < 1,0$, а при $\Delta h_1/\Delta h_0 > 1,0$ коэффициент $n_1 > 1,0$. Так, при реальном изменении параметра $\Delta h_1/\Delta h_0$ с 0,8 до 1,6 коэффициент n_1 возрастает с 0,83 до 1,4. Обработка экспериментальных данных [1, 3, 12] позволяет предложить следующую зависимость для расчета коэффициента n_1 :

$$n_1 = 0,83 + 0,63 \left(\frac{\Delta h_1}{\Delta h_0} - 0,8 \right)^{0,5}, \quad (7)$$

которая свидетельствует о тесной связи между неравномерностью обжатий и погонных сил по ширине полосы. Однако воспользоваться выражением (7) возможно только при наличии опытных данных для $\Delta h_1/\Delta h_0$, значения которых обусловлены переменными технологическими факторами. Поскольку параметр $\Delta h_1/\Delta h_0$ для данного стана в основном зависит от отношения B/L и увеличивается с увеличением B/L , то, в связи с этим, более удобным для расчета является выражение, полученное из тех же исследований [1, 3, 12] и представленное ниже:

$$n_1 = 0,8 + 0,73 \left(\frac{B}{L} - 0,55 \right)^{0,5}. \quad (8)$$

В практических условиях холодной прокатки имеет место неравномерное распределение растягивающих напряжений по ширине полосы [8, 11, 13] с максимальными значениями напряжений на кромках полосы, действие которых

ПРОКАТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

уменьшает средние нормальные контактные напряжения и увеличивает обжатие этих участков полосы.

Первый фактор способствует уменьшению, а второй фактор увеличению коэффициента n_1 компенсируя влияние друг друга. В связи с этим влиянием неравномерности распределения напряжений натяжения по ширине полосы на коэффициент n_1 можем пренебречь. Таким образом, отмеченная выше значимость коэффициента n_1 обуславливает необходимость учета его при расчете прогибов валков.

На рисунке представлены зависимости станочной профилировки f_p рабочего валка при изменении технологических параметров холодной прокатки и при расчете коэффициентов n и n_1 из формул (4) и (8) (прогибы и профилировки определяли для валков с цилиндрической формой образующих). Как следует из рис. 1а, для принятых условий деформации величина профилировки f_p рабочего валка при увеличении параметра V/L изменяется по гиперболической зависимости, что отличает эти данные от известных линейных зависимостей [5]. При этом, величина профилировки f_p (выпуклости) существенно уменьшается (с $f_p = 0,1-0,254$ мм до $f_p = 0,01-0,06$ мм) при увеличении ширины полосы с $B = 1000$ мм ($V/L = 0,59$) до $B = 1250$ мм ($V/L = 0,735$), а при дальнейшем увеличении ширины полосы величина f_p зависит только от силы прокатки. Чем больше сила прокатки, тем больше величина f_p при любой ширине полосы. Однако при увеличении ширины полосы до $V/L = 0,9$ абсолютное различие выпуклостей рабочего валка для значений сил прокатки $P = 20$ и 10 МН составляет $\Delta f = 0,05$ мм, в то время как при прокатке полос с $V/L = 0,59$ абсолютное различие выпуклостей равно $\Delta f = 0,154$ мм.

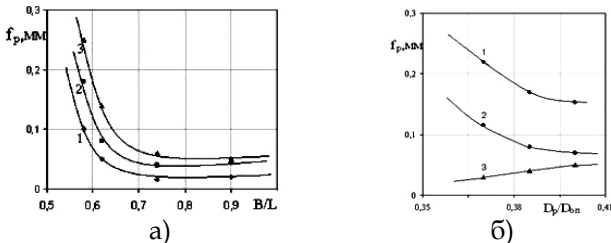


Рисунок. Влияние параметра V/L на величину выпуклости одного рабочего валка при $L/L = 0,9$ и силе прокатки, МН: 1-10; 2-15; 3-20 ($D_1 = 500$ мм) (а) и диаметра рабочего валка при V/L : 1-0,59; 2-0,645; 3-0,735 ($P = 15$ МН) (б). Стан 1700, диаметр опорных валков $D_2 = 1300$ мм, $\delta h_b = 0,03$ мм, $f_{оп} = 0$, $\delta_b = 0$

Расчеты показывают, что уменьшение диаметра рабочих валков (например, в результате переточек) оказывают существенное влияние на величину их профилировки. Наибольшее влияние имеет место при прокатке

узких полос ($V/L = 0,59$) (рис. 1б), когда уменьшение диаметра рабочего валка с $D_r = 520$ мм до $D_r = 470$ мм вызывает увеличение его выпуклости в 1,6 раза (с 0,154 мм до 0,22 мм). При увеличении ширины полосы влияние диаметра рабочего валка снижается, а при $V/L \geq 0,735$ зависимость приобретает противоположный вид, то есть увеличение диаметра приводит к незначительному увеличению выпуклости рабочего валка. Приведенные особенности влияния рассмотренных параметров на изменение выпуклости рабочего валка следует учитывать в практических условиях работы полосовых станов.

Ниже приведены данные по изменению величин прогибов рабочего и опорного валков в зависимости от ширины полосы и силы при холодной прокатке полос. Расчеты выполнены применительно к клетке стана 1700 с диаметром валков, мм: рабочего – 500 и опорного – 1300; ширина полос – 1000, 1250 и 1500 мм, сила прокатки – 10, 15 и 20 МН. Коэффициенты n и n_1 определены соответственно по формулам (4) и (8).

Ранее отмечали, что расчет прогибов валков выполнен при неравномерном распределении погонных сил на межвалковом контакте и под полосой, то есть при $n \neq 1,0$ (вар. 1). В литературе встречаются иные варианты расчета прогибов валков, например, при $n \neq 1,0$ и $n_1 = 1,0$ (вар. 2), а также $n = n_1$ (вар. 3). Расчеты по оценке влияния неравномерности распределения погонных сил на величины прогибов валков представлены ниже в таблице.

Из приведенных данных следует, что при расчете с учетом вар.1, 2 прогиб опорного валка с увеличением ширины полосы увеличивается на 0,02-0,03мм, а для вар. 3 не зависит от ширины полосы, но увеличивается при увеличении силы прокатки. При использовании вар. 1-3 прогибы рабочего валка, а также и суммарный прогиб, совместно с опорным валком, имеют существенное различие, в том числе и при расчете по вар. 2 ($n \neq 1,0$ и $n_1 = 1,0$), который наиболее часто применяют для получения расчетных данных. Обращает на себя внимание тот факт, что для узких полос ($B = 1000$ мм, $V/L = 0,59$) при силе прокатки $P = 10$ МН, суммарный прогиб валков для вар. 1-3 практически одинаковый. Однако в остальных случаях наблюдается заметное различие в величинах суммарного прогиба валков. Полагаем, что, в связи с учетом реального распределения погонных сил на контакте полоса-валок использованием выражения (8) при расчете прогибов валков по выражениям (1)-(3) позволяет получать более точные значения профилировок валков.

Обращает на себя внимание тот факт, что для узких полос ($B = 1000$ мм, $V/L = 0,59$) при силе прокатки $P = 10$ МН, суммарный прогиб валков для вар. 1-3 практически одинаковый. Однако в остальных случаях наблюдается заметное различие в величинах суммарного прогиба валков. Полагаем, что, в связи с учетом реального распределения погонных сил на контакте полоса-валок использованием выражения (8) при расчете прогибов валков по выражениям (1)-(3) позволяет получать более точные значения профилировок валков.

Таблица. Величины прогибов рабочего и опорного валков в зависимости от силы прокатки и ширины полосы

B, мм	P, МН	Вариант 1, мм			Вариант 2, мм			Вариант 3, мм		
		w	w	w + w _{оп}	w	w	w + w _{оп}	w	w	w + w _{оп}
1000	10	0,09	0,03	0,12 _{оп}	0,06	0,03	0,09	0,07	0,04	0,11
1250	10	-0,01	0,04	0,03	0,03	0,04	0,07	0,04	0,04	0,08
1500	10	-0,02	0,05	0,03	0,01	0,05	0,06	0,01	0,04	0,05
1000	15	0,13	0,05	0,18	0,09	0,05	0,14	0,12	0,07	0,19
1250	15	-0,01	0,06	0,05	0,04	0,06	0,10	0,06	0,07	0,13
1500	15	-0,02	0,07	0,05	0,02	0,07	0,09	0,01	0,07	0,08
1000	20	0,18	0,06	0,24	0,12	0,06	0,18	0,17	0,09	0,26
1250	20	-0,01	0,08	0,07	0,06	0,08	0,14	0,08	0,09	0,17
1500	20	-0,03	0,09	0,06	0,02	0,09	0,11	0,01	0,09	0,10

Выводы

Выполнен анализ условий прогиба валков при одновременном влиянии неравномерности распределения по длине бочек валков погонных сил и погонных сил на контакте рабочего валка с полосой. Установлено теоретически и экспериментально, что неравномерность погонных сил в контакте с полосой существенно зависит от различия обжатий по ширине полосы, а следовательно, и от отношения В/Л. Получены формулы для расчета коэффициента неравномерности n_1 в зависимости от различия обжатий по ширине полосы и отношения В/Л. Показано, что при $n_1 \neq 1,0$ и $V/L \geq 0,7$ величина профилировки рабочего валка мало зависит от ширины полосы. На величину профилировки рабочего валка заметное влияние оказывает диаметр рабочих валков, используемых на стане, особенно на узких полосах.

Библиографический список

1. Николаев В. А. Профилирование и износостойкость листовых валков. – К.: Техніка, 1992. – 160 с.
2. Николаев В. А., Путноки А. Ю. Прокатка широкополосной стали. – К.: Освіта України, 2009. – 268 с.
3. Николаев В. А. Повышение эффективности работы полосовых станов с профилированием валков // *Металлург. и горноруд. пром-сть.* – 2007. – № 2. – С. 34-37.
4. Боровик Л. И. Эксплуатация валков станов холодной прокатки. – М.: Металлургия, 1968. – 323 с.

5. Будава А. А. Профилирование валков листовых станов / А. А. Будава, Ю. В. Коновалов, К. Н. Ткалич и др. – К.: Техніка, 1986. – 190 с.
6. Николаев В. А. Прогиб опорного валка четырехвалковой клетки с учетом опорного момента // *Изв. вузов. Черная металлургия.* – 2001. – № 9. – С.18-19.
7. Полухин В. П. Математическое моделирование и расчет на ЭВМ листовых прокатных станов. – М.: Металлургия, 1972. – 512 с.
8. Полухин П. И. Контактное взаимодействие металла и инструмента при прокатке / П. И. Полухин, В. А. Николаев, В. П. Полухин и др. – М.: Металлургия, 1974. – 200 с.
9. Николаев В. А., Жученко С. В. Оценка неравномерности распределения погонных сил по ширине прокатываемой полосы // *Металлург. и горноруд. пром-сть.* – 2013. – № 5. – С. 34-37.
10. Николаев В. А., Жученко С. В. Коэффициент неравномерности распределения погонных сил по ширине прокатываемой полосы // *Производство проката.* – 2013. – № 10. – С. 2-5.
11. Железнов Ю. Д. Прокатка ровных листов и полос. – М.: Металлургия, 1971. – 200 с.
12. Николаев В. А. Неравномерность деформации по ширине полосы // *Изв. вузов. Черная металлургия.* – 1989. – № 3. – С. 56-61.
13. Николаев В. А., Зотов О. Н., Задко Б. М. Распределение удельных натяжений в полосе при холодной прокатке // *Изв. вузов. Черная металлургия.* – 1977. – № 3. – С. 88-89.

Поступила 01.08.2014



УДК 621.735.3

Жбанков Я. Г. /к. т. н./

ДГМА

Наука

Исследование процесса осадки узким бойком

В работе предложен новый способ осадки крупных заготовок, позволяющий повысить точность изготовления поковок типа дисков за счет снижения величины бочкообразности. Способ заключается в профилировании исходной заготовки путем локальной осадки узким бойком. В работе освещены результаты исследований процесса профилирования цилиндрической заготовки разгонкой плоским бойком. Исследования проведены на основе метода конечных элементов с экспериментальным подтверждением. Установлено влияние основных параметров процесса профилирования на форму и размеры заготовки. Дана методика расчета параметров процесса профилирования, локальным деформированием плоским бойком, дляковки поковок типа дисков. Ил. 8. Библиогр.: 9 назв.

Ключевые слова: осадка, ковка, метод конечных элементов, моделирование, интенсивность деформаций

The new method of upsetting of large billets allowing to increase the accuracy of forgings of disk type due to decrease of the value of barreling is suggested. The method consists in profiling of initial billet by local upsetting with the usage of narrow anvil. The results of research of new method of profiling of cylindrical billet by narrow flat anvil distillation are shown. The research was made on the base of finite element method usage with experimental confirmation. The influence of basic parameters of new method of profiling on the shape and dimensions of billet was determined. Calculation methodology of profiling process parameters by local deformation by flat anvil for forging of disks was given.

Keywords: upsetting, forging, finite element method, modeling, strain intensity