



There is shown, that at rolling with discrepancy of the surface speeds of bowls, at changing of rate of squeezing and discrepancy of the surface speeds of bowls it is possible to gain the bending of bar to rib for necessary radius along the whole length of the bar.

Л. А. ИСАЕВИЧ, С. В. ИВАНИЦКИЙ, БНТУ

УДК 621.771

РАСЧЕТ РАДИУСА ИЗГИБА ПОЛОСЫ ПРИ ОБЖАТИИ В ВАЛКАХ

При изгибе полосы на ребро в валках путем поперечного изгиба с одновременным перемещением заготовки между валками, имеющими возможность изменения параметра гибки [1], не обеспечивается равная кривизна по всей длине изгибаемой заготовки. В связи с этим большой практический интерес представляет процесс прокатки с верхним или нижним давлением [2]. В практике прокатного производства хорошо известно появление изгиба полосы при неравенстве рабочих диаметров валков [3]. Полоса в таких случаях обычно изгибается в сторону валка меньшего диаметра. Изгиб полосы наблюдается также при прокатке в валках одинакового диаметра, но вращающихся с разными окружными скоростями.

Существует точка зрения [3], что наряду с фактором разности окружных скоростей валков необходимо принимать во внимание также различие в обжатии полосы валками неодинакового диаметра.

Из рассмотрения кинематики процесса прокатки (рис. 1) получено соотношение для определения радиуса изгиба срединного слоя полосы

$$r = \frac{1+k \frac{1+S_2}{1+S_1} \frac{h_1}{2}}{1-k \frac{1+S_2}{1+S_1}} \quad (1)$$

где $r = r_2 + \frac{h_1}{2}$; r_2 – внутренний радиус полосы;

$k = \frac{V_2}{V_1}$; S_1 и S_2 – величины опережений соответственно на валках радиусом R_1 и R_2 ; h_1 – толщина полосы на выходе из валков; V_1 и V_2 – соответственно окружные скорости валков радиусом R_1 и R_2 .

Таким образом, радиус изгиба полосы как по величине, так и знаку зависит от величины опережений S_1 и S_2 , т. е. в конечном счете от значений нейтральных углов γ_1 и γ_2 , которые, в свою очередь, определяются совокупностью

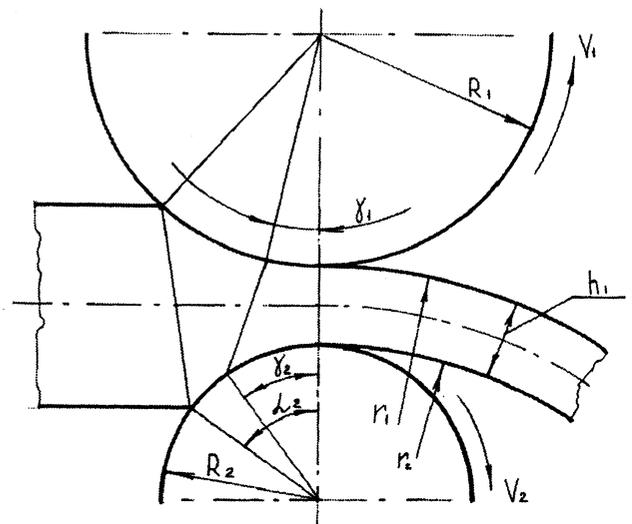


Рис. 1. Схема изгиба полосы в валках

всех условий прокатки, а не только влиянием отдельных факторов, например обжатий со стороны каждого валка и их окружных скоростей. Учитывая это, согласно [2], можно записать

$$\frac{1+S_2}{1+S_1} = \frac{1 + \left(\frac{R_2}{h_1} - 0,5\right) \gamma_2^2}{1 + \left(\frac{R_1}{h_1} - 0,5\right) \gamma_1^2}$$

Тогда выражение (1) может быть представлено в виде

$$r = \frac{1+k \left[1 + \left(\frac{R_2}{h_1} - 0,5\right) \gamma_2^2 \right] / \left[1 + \left(\frac{R_1}{h_1} - 0,5\right) \gamma_1^2 \right]}{1-k \left[1 + \left(\frac{R_2}{h_1} - 0,5\right) \gamma_2^2 \right] / \left[1 + \left(\frac{R_1}{h_1} - 0,5\right) \gamma_1^2 \right]} \frac{h_1}{2} \quad (2)$$

При критическом рассогласовании окружных скоростей валков, когда $\gamma_1 \leq 0$, нейтральный угол на втором валке может быть найден по формуле [4]:

$$\gamma_2 = \alpha_2 \left(1 - \frac{\alpha_2}{2f} \right) \quad (3)$$

Величину α_2 из выражения (3) определим из условия равновесия полосы [2], согласно которому

$$R_1 \alpha_1 = R_2 \alpha_2. \quad (4)$$

В свою очередь, из геометрии очага деформации

$$\alpha_1 = \sqrt{\frac{2\Delta h_1}{R_1}}, \quad \alpha_2 = \sqrt{\frac{2\Delta h_2}{R_2}}, \quad (5)$$

где Δh_1 и Δh_2 — величины обжатий полосы соответственно валками радиусом R_1 и R_2 .

После подстановки величин α_1 и α_2 в уравнение (4) и соответствующих преобразований получим

$$R_1 \Delta h_1 = R_2 \Delta h_2,$$

откуда

$$\Delta h_1 = \frac{R_2 \Delta h_2}{R_1}. \quad (6)$$

Обжатие полосы можно представить как сумму обжатий валками радиусом R_1 и R_2 :

$$\Delta h = \Delta h_1 + \Delta h_2.$$

С учетом выражения (6)

$$\Delta h = \frac{R_2 \Delta h_2}{R_1} + \Delta h_2 = \Delta h_2 \left(\frac{R_2}{R_1} + 1 \right),$$

отсюда

$$\Delta h_2 = \frac{\Delta h}{\frac{R_2}{R_1} + 1}$$

и далее

$$\alpha_2 = \sqrt{\frac{2\Delta h_2}{R_2}} = \sqrt{\frac{2\Delta h}{R_2 \left(\frac{R_2}{R_1} + 1 \right)}}.$$

После подстановки значения α_2 в уравнение (3) придем к выражению

$$\gamma_2 = \sqrt{\frac{2\Delta h}{R_2 \left(\frac{R_2}{R_1} + 1 \right)}} \left(1 - \sqrt{\frac{\frac{2\Delta h}{R_2 \left(\frac{R_2}{R_1} + 1 \right)}}{2f}} \right). \quad (7)$$

Формула для определения коэффициента критического рассогласования окружных скоростей валков может быть получена из условия постоянства объема металла, проходящего через каждое сечение очага деформации в единицу времени

$$V_1 h_1 = V_2 h_2.$$

Откуда

$$k_{\text{кр}} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{h_1}{h_2}. \quad (8)$$

Входящую в выражение (8) высоту нейтрального сечения можно представить как $h_\gamma = h_1 + \Delta h_{\gamma 1} + \Delta h_{\gamma 2}$.

Поскольку положение нейтрального сечения определяется критическим значением нейтрального угла γ_2 , то по аналогии с выражениями (5) можно записать

$$\gamma_2 = \sqrt{\frac{2\Delta h_{\gamma 2}}{R_2}}.$$

Отсюда

$$\Delta h_{\gamma 2} = \frac{R_2}{2} \gamma_2^2.$$

Теперь, используя соотношение (6), нетрудно найти

$$\Delta h_{\gamma 1} = \frac{R_2 \Delta h_{\gamma 2}}{R_1} = \frac{R_2^2}{2R_1} \gamma_2^2$$

и далее

$$h_\gamma = h_1 + \frac{R_2}{2} \gamma_2^2 \left(\frac{R_2}{R_1} + 1 \right). \quad (9)$$

В случае использования критического рассогласования окружных скоростей валков $\gamma \leq 0$ и тогда выражение (2) принимает более простой вид

$$r = \frac{1 + k_{\text{кр}} \left[1 + \left(\frac{R_2}{h_1} - 0,5 \right) \gamma_2^2 \right]}{1 - k_{\text{кр}} \left[1 + \left(\frac{R_2}{h_1} - 0,5 \right) \gamma_2^2 \right]} \frac{h_1}{2}. \quad (10)$$

Следует однако заметить, что величина коэффициента критического рассогласования окружных скоростей валков в формуле (8) получена из условия равенства объема металла, проходящего через каждое сечение очага деформации в единицу времени и поэтому не позволяет описывать возможный изгиб полосы на выходе из валков. Решая выражение (10) относительно коэффициента рассогласования окружных скоростей валков, можно записать

$$k = \frac{2r - h_1}{(2r + h_1) \left[1 + \left(\frac{R_2}{h_1} - 0,5 \right) \gamma_2^2 \right]}. \quad (11)$$

Полученное уравнение позволяет рассчитывать требуемый коэффициент рассогласования окружных скоростей валков по заданному радиусу изгиба полосы и величине ее обжатия.

Расчет проводили для полос из нержавеющей стали. Величину обжатия изменяли от 1 до 5 мм. Результаты расчетов представлены на рис. 2.

Из рисунка видно, что с увеличением требуемого радиуса изгиба полосы увеличивается коэффициент критического рассогласования окружных скоростей валков.

ных скоростей валков, а значение этого коэффициента тем меньше, чем больше величина обжатия полосы.

Для подтверждения полученных расчетных данных проводили ряд экспериментов по изгибу на ребро полос из нержавеющей стали. Полосы брали с разной высотой поперечного сечения, тем самым обеспечивая различную величину обжатия.

Необходимый радиус изгиба полосы достигали, изменяя коэффициент критического рассогласования окружных скоростей валков и величину обжатия. Результаты экспериментов представлены на рис. 2.

Как видно из рисунка, расчетные данные хорошо согласуются с экспериментальными.

Результаты проведенной работы позволяют сделать вывод, что при прокатке с рассогласованием окружных скоростей валков, изменяя величину критического рассогласования окружных скоростей валков и величину обжатия, можно добиться изгиба полосы на ребро на необходимый радиус по всей длине полосы. Это очень важно при изготовлении деталей типа полуколец к аппарату Илизарова, применяемых в качестве приспособлений для лечения ортопедо-травматологических больных.

Литература

1. Лысов М. Н. Теория и расчет процессов изготовления деталей методами гибки. М.: Машиностроение, 1966.
2. Целиков А. И., Никитин Г. С., Рокотян С. Е. Теория продольной прокатки. М.: Металлургия, 1980.

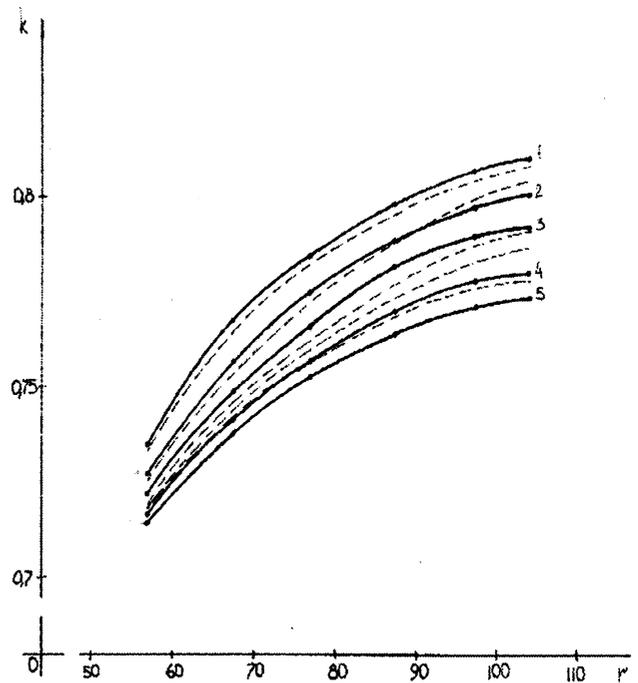


Рис. 2. Зависимости величины критического рассогласования окружных скоростей валков от требуемого радиуса изгиба полосы при величине обжатия: 1 – 1 мм; 2 – 2; 3 – 3; 4 – 4; 5 – 5 мм; — — — — результаты расчетов; — — — — — результаты экспериментов

3. Выдрин В. Н. Динамика прокатных станов. Свердловск: Metallurgizdat, 1960.
4. Степаненко А. В., Король В. А., Смирнова Л. А. Прокатка полос переменного профиля. Гомель: ИММС НАН Беларуси, 2001.