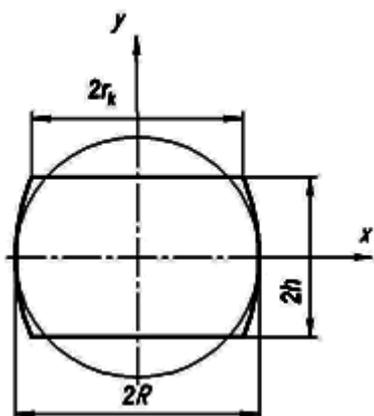


ОСОБЕННОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗОГНУТЫХ НА РЕБРО ПОЛОСОВЫХ ИЗДЕЛИЙ ПРОКАТКОЙ ЗАГОТОВОК ИЗ ПРУТКА

Исаевич Л.А., Иваницкий Д.М., Ленкевич С.А., Иваницкий С.В.

Белорусский национальный технический университет, Республика Беларусь, Denisrodman@tut.by

Технологии изготовления приспособлений для лечения ортопедотравматологических больных, например полуколец к аппарату Илизарова, требуют использования заготовок в виде полос с заданными геометрическими и механическими параметрами. Для обеспечения требуемых свойств, особенно по точности и шероховатости поверхности, повышенным требованиям к форме боковых кромок такие полосы целесообразнее получать плющением круглого прутка.



При анализе процесса осадки примем, что в момент начала пластического течения в указанном участке исходное круговое сечение приобретает форму усеченной части эллипса. Уравнение эллипса  $(x^2/a^2) + (y^2/b^2) = 1$  в обозначениях, принятых на рис. 2, можно представить как [1]

$$\left(\frac{r_k^2}{R^2}\right) + \left(\frac{h^2}{b^2}\right) = 1, \quad (1)$$

где  $h$  и  $r_k$  - новые переменные;  $b$  - большая полуось эллипса.

Поскольку при  $y=0$ ,  $a=R$ , при  $y=h$ ,  $x=r_k$ .

Полуось эллипса  $h$ , с учетом выражения (1) [1]

$$h = \pi R / 2 \left( \left( 1 / \sqrt{1 - (r_k^2 / R^2)} \right) \arcsin \sqrt{1 - (r_k^2 / R^2)} + (r_k / b^2) \right)$$

Уравнение для расчета зависимости ширины

прокатной из прутка полосы от ее толщины [1]

$$B_1 = B_H + \left( \frac{1}{f_y} + \frac{f_x 2l}{f_y \Delta h} \right) \left( h_1 \ln \frac{h_1}{h_H} + h_H - h_1 \right) \quad (2)$$

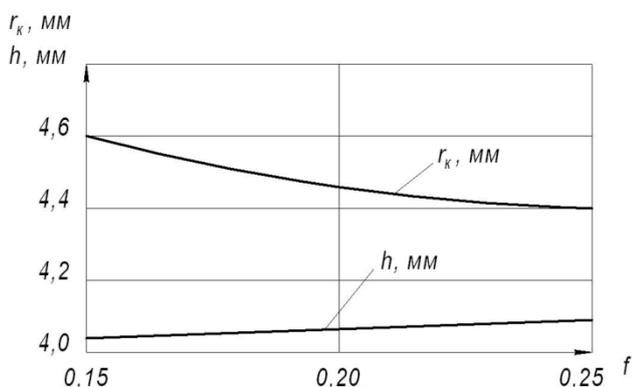


Рисунок 2 - Зависимость значений  $r_k$  и  $h$  от коэффициента контактного трения

Расчеты изменения конечной ширины прокатных из прутка полос проводили для диаметра 10 мм. Для упрощения расчетов принимали  $f_x = f_y$ . При этом в отсутствии смазки согласно [1]  $f = 0,15$ .

Расчетные значения величин  $h$  и  $r_k$  в зависимости от коэффициента контактного трения при поперечной осадке прутка диаметром 10 мм представлены на рис. 2. Поскольку в этом случае вытяжки прутка еще не происходит, можно определить эквивалентное по площади данному

усеченному эллипсу прямоугольное сечение с заданным значением высоты  $h_0 = 2h$  и шириной  $B_0 = \pi R^2 / h_0$  [1].

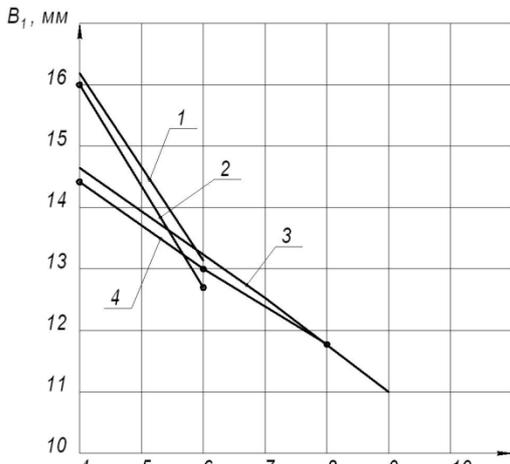
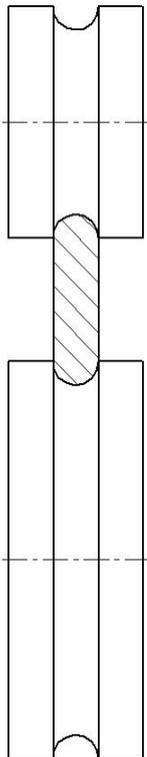


Рисунок 3 - Зависимость ширины прокатанной из прутка полосы от ее конечной толщины: 1 – расчетные значения, 2 – экспериментальные данные для прутка, прокатанного за 2 прохода, 3, 4 – соответственно теоретические и экспериментальные данные за 3 прохода

Расчетные и экспериментальные зависимости изменения конечной ширины прокатанных из прутка диаметром 10 мм полос от единичных обжатий представлены на рис. 3. Для упрощения расчетов принимали  $f_x = f_y$ . При этом в отсутствии смазки, согласно [1],  $f = 0,15$ .

Эксперименты проводили прокаткой без смазки прутка диаметром 10 мм в гладких валках радиусом 100 мм. По результатам экспериментов видно, что для получения требуемых размеров поперечного сечения полосы (Рис. 3) круглый пруток диаметром 10 мм обжимается за 2 прохода. При прокатке прутка за 3 и 4 прохода снижается величина уширения и не достигается требуемая ширина полосы при заданной ее толщине. За 1-й проход пруток обжимали до толщины 6,2 мм шириной 12,9 мм, затем за 2-й проход получали полосу толщиной 4

мм, достигая требуемой ширины 16 мм. Как видно из графиков 1 и 2 (Рис. 3), экспериментальные значения несколько ниже расчетных. Это связано с тем, что в расчетах не учитывалось влияние жестких концов на снижение величины уширения [1].



При деформировании полосы на ребро в валках (Рис. 4) путем поперечного изгиба с одновременным перемещением заготовки между валками, имеющими возможность изменения параметра гибки, не обеспечивается равная кривизна по всей длине изгибаемой заготовки. В связи с этим интерес представляет процесс прокатки с верхним или нижним давлением. В практике прокатного производства хорошо известно появление изгиба полосы при неравенстве диаметров рабочих валков. Полоса в таких случаях обычно изгибается в сторону вала меньшего диаметра. Изгиб полосы наблюдается также при прокатке в валках одинакового диаметра, но вращающихся с разными окружными скоростями [2].

Рассчитаем радиус изгиба полосы при обжатии в валках. Существует точка зрения, что наряду с фактором разности окружных скоростей валков необходимо принимать во внимание также различие в обжатии полосы валками неодинакового диаметра [2]. Расчет значения  $r$  можно произвести по формуле

Рисунок 4 - Схема обжатия полосы в валках на ребро

$$r = \frac{1 + k \left( 1 + \left( \frac{R_2}{h_1} - 0,5 \right) \gamma_2^2 \right) / \left( 1 + \left( \frac{R_1}{h_1} - 0,5 \right) \gamma_1^2 \right) h_1}{1 - k \left( 1 + \left( \frac{R_2}{h_1} - 0,5 \right) \gamma_2^2 \right) / \left( 1 + \left( \frac{R_1}{h_1} - 0,5 \right) \gamma_1^2 \right)^2} \quad (3)$$

где  $r = r_2 + (h_1/2)$ ;  $r_2$  - внутренний радиус полосы;  $k = V_2/V_1 < 1$ ;  $S_1$  и  $S_2$  - величины опережения соответственно на валках радиусом  $R_1$  и  $R_2$  соответственно;  $h_1$  - толщина полосы на выходе из валков;  $V_1$  и  $V_2$  - окружные скорости валков радиусом  $R_1$  и  $R_2$  соответственно;  $\gamma_1$  и  $\gamma_2$  - нейтральный угол.

В случае использования критического рассогласования окружных скоростей валков  $\gamma_1 < 1$  и выражение (3) принимает более простой вид

$$r = \left[ \left( 1 + k_{кр} \left( 1 + \left( \frac{R_2}{h_1} - 0,5 \right) \gamma_2^2 \right) \right) \right] / \left[ \left( 1 - k_{кр} \left( 1 + \left( \frac{R_2}{h_1} - 0,5 \right) \gamma_2^2 \right) \right) \right] \frac{h_1}{2}. \quad (4)$$

Однако следует отметить, что величина коэффициента критического рассогласования окружных скоростей валков в формуле (4) получена из условия равенства объема металла, проходящего через каждое сечение очага деформации в единицу времени, и поэтому не позволяет описать возможный изгиб полосы на выходе из валков. Решая уравнение (4) относительно коэффициента рассогласования окружных скоростей валков, получаем

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

Уравнение (5) позволяет рассчитать 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 расчета представлены на рис. 5. Из рисунка видно, что с увеличением требуемого радиуса изгиба полосы растет и коэффициент

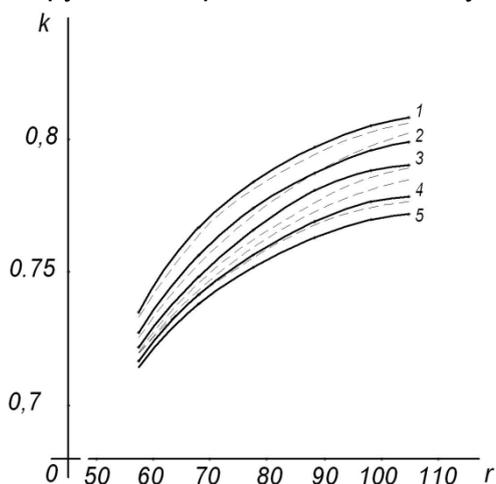


Рисунок 5 - Зависимость радиуса изгиба полосы от коэффициента критического рассогласования окружных скоростей валков и величины обжатия: (—) – расчетные данные, (- - -) – экспериментальные данные

критического рассогласования окружных скоростей валков, в то же время его значение тем меньше, чем больше величина обжатия полосы.

Для подтверждения полученных расчетных данных были проведены эксперименты по изгибу на ребро полос из нержавеющей стали. Использовали полосы толщиной 4 мм различной ширины (от 17 до 22 мм) и прокатывали на ребро до ширины 16 мм, тем самым обеспечивая разную величину обжатия. Достигали необходимый радиус изгиба полосы изменяя коэффициент критического рассогласования окружных скоростей валков и величину обжатия. Результаты экспериментов представлены на рис. 5 из которого видно, что расчетные и экспериментальные данные хорошо согласуются.

### Литература

1. Исаевич, Л.А. Особенности формообразования прямоугольных полос из круглого прутка / Л.А.Исаевич, А.И.Гордиенко, Д.М.Иваницкий, С.А.Ленкевич // «Перспективные направления развития технологии машиностроения и металлообработки»: тезисы докл. межд. научн.-техн. конф. (Минск, 7-8 апреля 2016 г.) редкол.: В.К.Шелег (отв. ред.) [и др.]. – Минск: Бизнесофсет, 2016. – С. 75-78.
2. Здор, Г.Н. Особенности формообразования полосы из прутка / Г.Н.Здор, Л.А.Исаевич, С.В.Иваницкий // Вестник БНТУ: научно-технический журнал. - 2010. - № 6. - С. 38-41.