



<https://doi.org/10.21122/1683-6065-2020-1-74-77>
УДК 621.771.062.3; 621.774.353

Поступила 21.11.2019
Received 21.11.2019

ПАРАМЕТРЫ РЕВЕРСИВНОЙ КАЛИБРОВКИ ПРИ ПОПЕРЕЧНО-ВИНТОВОМ РЕДУЦИРОВАНИИ

*В. В. КЛУБОВИЧ, В. В. ЛЕВКОВИЧ, Физико-технический институт НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь, ул. Купревича, 10. E-mail: victor.levkovich@gmail.com,
В. А. ТОМИЛО, Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь, пр. Независимости, 65. E-mail: stamila@rambler.ru*

Представлена технология поперечно-винтового редуцирования с реверсивной калибровкой. Ключевым отличием технологии является изменение угла подачи в процессе редуцирования в область отрицательных значений, что позволяет провести реверсивную калибровку (редуцирование в области малых углов подачи) и вывести заготовку из межвалкового зазора. Данная технология может быть использована для получения осесимметричных заготовок переменного профиля. Основными параметрами, определяющими процесс реверсивной калибровки, являются скорость вращения валков, скорость изменения угла подачи, а также размеры валков и заготовки. При изменении угла подачи (в частности при калибровке) заготовка продолжает движение в осевом направлении, что вызывает необходимость провести оценку величины этого движения. В данной работе проведен уточненный расчет длины редуцированной части заготовки при изменении угла подачи.

Ключевые слова. Поперечно-винтовое редуцирование, реверсивная калибровка, угол подачи, длина редуцированной заготовки.

Для цитирования. Клубович, В. В. Параметры реверсивной калибровки при поперечно-винтовом редуцировании / В. В. Клубович, В. В. Левкович, В. А. Томило // *Литье и металлургия*. 2020. № 1. С. 74–77. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2020-1-74-77>.

REVERSE CORRECTION PARAMETERS DURING HELICAL REDUCTION

*V. V. KLUBOVICH, V. V. LIAUKOVICH, State Scientific Institution «Physical-Technical Institute of the National Academy of Sciences of Belarus», Minsk, Belarus, 10, Kuprevicha str.
E-mail: victor.levkovich@gmail.com,
V. A. TAMILA, Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus, 65, Nezavisimosti ave.
E-mail: stamila@rambler.ru*

The technology of helical reduction with reverse correction is presented. The key difference of the technology is the change in the feed angle during the reduction process to the region of negative values, which allows reverse correction (reduction in the region of small feed angles) and remove the workpiece from the roll gap. This technology can be used to obtain axisymmetric billets of variable profile. The main parameters that determine the reverse correction process are the rotation speed of the rolls, the rate of change of the feed angle, as well as the dimensions of the rolls and the workpiece. When the feed angle changes (in particular during correction), the workpiece continues to move in the axial direction, which makes it necessary to evaluate the magnitude of this movement. In this work, an accurate calculation of the length of the reduced part of the workpiece with a change in the feed angle is carried out.

Keywords. Helical reduction, reverse correction, feed angle, reduced workpiece length.

For citation. Klubovich V. V., Liaukovich V. V., Tamila V. A. Reverse correction parameters during helical reduction. *Foundry production and metallurgy*, 2020, no. 1, pp. 74–77. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2020-1-74-77>.

Поперечно-винтовое редуцирование (ПВР) с реверсивной калибровкой является эффективным способом получения осесимметричных заготовок с переменным профилем [1, 2]. Данная технология обеспечивает ряд преимуществ (простота автоматизации, гибкость процесса, выражающаяся в возможности обработки ряда типоразмеров без необходимости замены инструмента, высокая геометрическая точность получаемых заготовок) в сравнении с традиционными для машиностроения Беларуси технологиями (ковка, штамповка и пр.) [3–5].

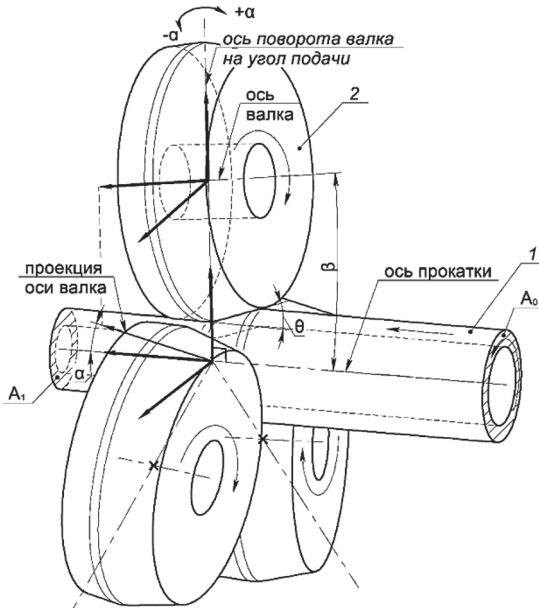


Рис. 1. Схема ПВР с реверсивной калибровкой

Схема ПВР с реверсивной калибровкой приведена на рис. 1.

Обработка осуществляется следующим образом. Заготовку 1 после предварительного нагрева устанавливают на оси прокатки и затем подают в направлении вращающихся валков до формирования устойчивого контакта между заготовкой и валками. При обработке заготовка вращается и перемещается вдоль своей оси, как показано на рисунке. При достижении заданной технологическим процессом длины редуцированной части происходит изменение угла подачи α в область отрицательных значений, как показано на рис. 1, 2, что обеспечивает получение заготовок с редуцированным концевым участком необходимой длины и выведение заготовки из межвалкового зазора. Скорость изменения угла подачи α принята постоянной и равной V_{Π} (град/с). Параметры процесса редуцирования приведены в таблице.

Параметры процесса ПВР с реверсивной калибровкой

$\alpha_{нач}$, град	β , град	θ , град	$\lambda = A_0/A_1$	D , мм	T , °С	n_B , об/мин	V_{Π} , град/с
5–15	6	18,8	1,2–1,33	300	1180–1200	10–30	2–5

На рис. 2 показаны скорость на бочке вала V^B и ее составляющие.

Из рисунка следует, что при изменении угла подачи α происходит изменение осевой и тангенциальной скоростей движения заготовки:

$$V_o^B = V^B \sin(\alpha), \quad (1)$$

$$V_T^B = V^B \cos(\alpha), \quad (2)$$

где V^B – линейная скорость на бочке вала, мм/с; V_o^B , V_T^B – соответственно осевая и тангенциальная составляющие скорости на бочке вала, мм/с; α – угол подачи, град.

Линейная скорость на бочке вала составляет:

$$V^B = \frac{\pi D n_B}{60}, \quad (3)$$

где D – диаметр вала в точке пережима, мм; n_B – частота вращения валков, об/мин.

Принимая во внимание постоянную скорость (V_{Π}) изменения угла подачи α , зависимость угла подачи от времени t имеет вид:

$$\alpha(t) = \alpha_{нач} - V_{\Pi} t, \quad (4)$$

где $\alpha_{нач}$ – угол подачи, при котором проходит редуцирование, град; V_{Π} – скорость изменения угла подачи α , град/с; t – переменная времени, с ($t = 0$ в момент начала изменения угла подачи α).

Таким образом, осевая и тангенциальная составляющие скорости на бочке вала при изменении угла подачи составляют:

$$V_o^B = \frac{\pi D n_B}{60} \sin(\alpha_{нач} - V_{\Pi} t) \eta_x, \quad (5)$$

$$V_T^B = \frac{\pi D n_B}{60} \cos(\alpha_{нач} - V_{\Pi} t), \quad (6)$$

где η_x – коэффициент осевой скорости ($\eta_x = 0,77$) [6].

В этом случае расстояние l_k , пройденное заготовкой во время изменения угла подачи от $\alpha_{нач}$ до 0° , определяем по уравнению:

$$\int_0^{l_k} dl = \int_0^{t=\alpha_{нач}/V_{\Pi}} V_o^B dt = \int_0^{t=\alpha_{нач}/V_{\Pi}} \frac{\pi D n_B}{60} \sin(\alpha_{нач} - V_{\Pi} t) \eta_x dt, \quad (7)$$

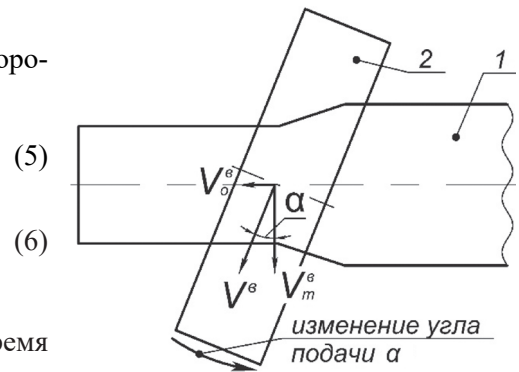


Рис. 2. Скорость редуцирования: V^B – скорость на бочке вала; V_o^B – осевая составляющая скорости; V_T^B – тангенциальная составляющая скорости

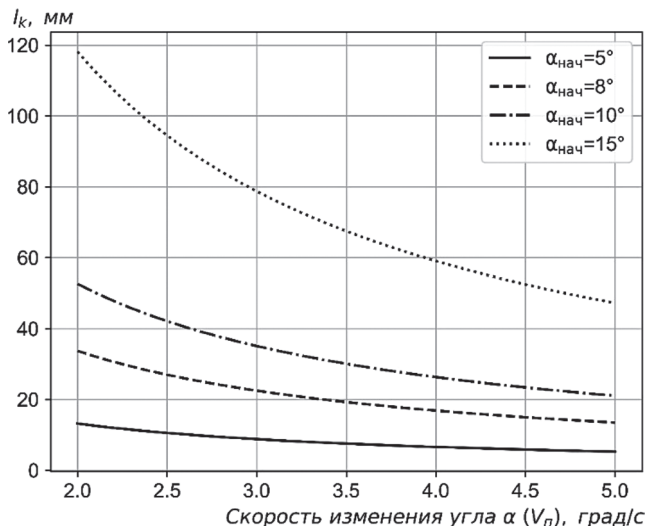


Рис. 3. Зависимость l_k от скорости V_{π} при частоте вращения валков $n_b = 10$ об/мин

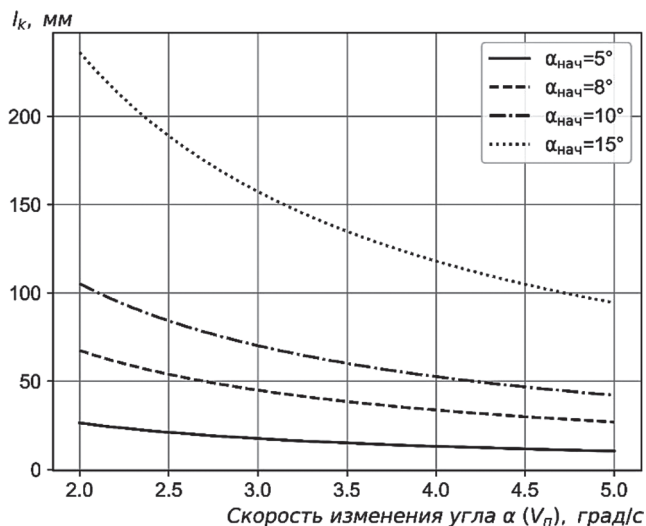


Рис. 4. Зависимость l_k от скорости V_{π} при частоте вращения валков $n_b = 20$ об/мин

где l_k – расстояние, пройденное заготовкой вдоль своей оси во время изменения угла подачи α от $\alpha_{нач}$ до 0° , мм.

После интегрирования получаем

$$l_k = \frac{3Dn_b}{V_{\pi}} (1 - \cos \alpha_{нач}) \eta_x. \quad (8)$$

На рис. 3–5 приведены зависимости расстояния l_k от скорости V_{π} изменения угла подачи для различных значений угла $\alpha_{нач}$ при скорости вращения валков 10 об/мин (рис. 3), 20 об/мин (рис. 4) и 30 об/мин (рис. 5).

При скорости изменения угла подачи $V_{\pi} = 3$ град/с и скорости вращения валков $n_b = 20$ об/мин расстояние $l_k \approx 24$ мм при $\alpha_{нач} = 5^\circ$, с увеличением $\alpha_{нач}$ до 15° расстояние l_k возрастает до ≈ 150 мм, что необходимо учесть в технологическом процессе при получении необходимой технологическим процессом длины обработанной части заготовки.

Полученные данные были использованы при проектировании технологических процессов получения заготовок осей и цапф методом поперечно-винтового редуцирования с использованием автоматизированного комплекса (рис. 6).

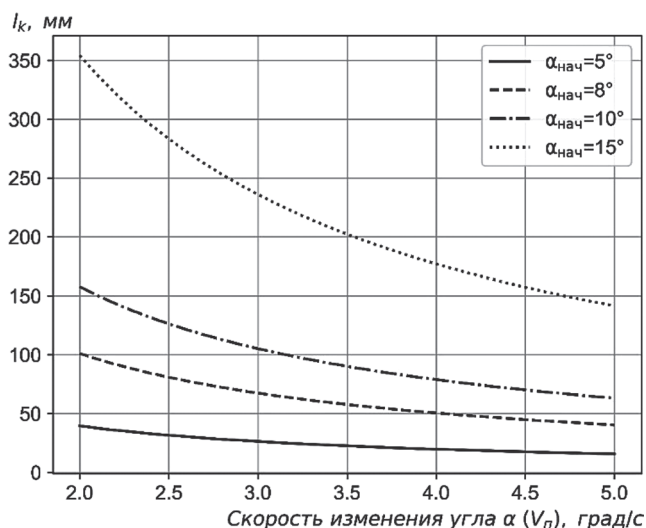


Рис. 5. Зависимость l_k от скорости V_{π} при частоте вращения валков $n_b = 30$ об/мин

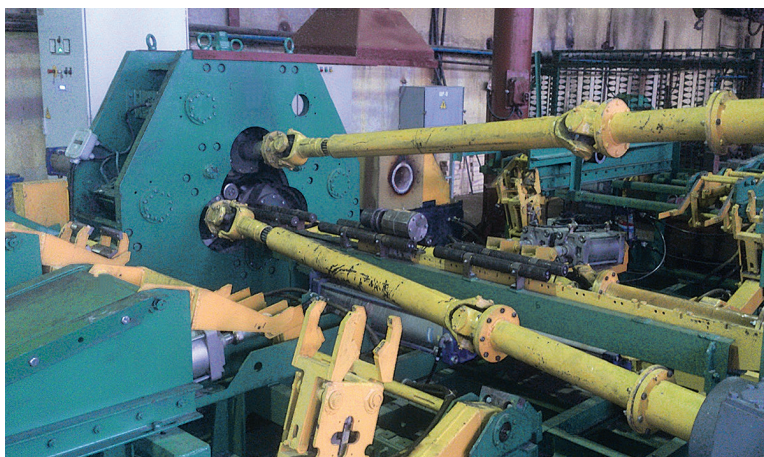


Рис. 6. Автоматизированный комплекс поперечно-винтового редуцирования

Автоматизированный комплекс включает клеть прокатную, манипулятор, механизм загрузки, механизм выгрузки, раму, механизм сброса, генератор ТВЧ, индукционный нагреватель, шкафы электрики и управления, пульт.

Выводы

Получена зависимость для определения расстояния, на которое перемещается заготовка в осевом направлении при изменении угла подачи, от геометрических размеров вала и его скорости вращения, а также от параметров процесса редуцирования (угол подачи, при котором проводится обработка заготовки, и скорость изменения угла подачи). Полученные данные использовали при проектировании технологических процессов изготовления заготовок осей и цапф методом поперечно-винтового редуцирования с реверсивной калибровкой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Томило В. А. Реверсивная калибровка при поперечно-винтовом редуцировании трубных заготовок / В. А. Томило, В. В. Левкович // *Литье и металлургия*. 2018. № 3. С. 82–87.
2. Барабашкин В. П. Производство труб на агрегатах с трехвалковым раскатным станом / В. П. Барабашкин, И. К. Тартаковский. М.: Металлургия, 1981. 148 с.
3. Карамышев А. П. Определение усилия обжатия заготовок на радиально-ковочной машине AVS / А. П. Карамышев, И. И. Некрасов, В. С. Паршин, В. А. Сыстеров // *Металлург*. 2009. № 3. С. 61–64.
4. Allwood J. M. A survey of flexible forming processes in Japan / J. M. Allwood, H. Utsunomiya // *International Journal of Machine Tools & Manufacture*. 2006. № 46. P. 1939–1960.
5. Чумадин А. С. Исследование процесса обжима тонкостенных труб / А. С. Чумадин, А. А. Шишкин // *Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением*. 2012. № 11. С. 14–18.
6. Тетерин П. К. Теория поперечно-винтовой прокатки / П. К. Тетерин. М.: Металлургия, 1971. 368 с.

REFERENCES

1. Tamila V. A., Liaukovich V. V. Reversivnaya kalibrovka pri poperechno-vintovom reducirovanii trubnyh zagotovok [Reverse grooving for cross-screw reduction]. *Lit'e i metallurgiya = Foundry production and metallurgy*, 2018, vol. 92, no. 3, pp. 82–87. DOI: 10.21122/1683-6065-2018-92-3-82-87.
2. Barabashkin V. P., Tartakovskij I. K. *Proizvodstvo trub na agregatah s trehvalkovym raskatnym stanom* [Production of tubes on a three-roll rolling mill]. Moscow, Metallurgija Publ., 1981, 148 p.
3. Karamyshev A. P., Nekrasov I. I., Parshin V. S., Systerov V. A. Opredelenie usilija obzhatija zagotovok na radial'no-kovochnoj mashine AVS [Determination of the compression force of workpieces on a radial forging machine AVS]. *Metallurg = Metallurgist*, 2009, no. 3, pp. 61–64.
4. Allwood J. M., Utsunomiya H. A survey of flexible forming processes in Japan. *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 2006, no. 46, pp. 1939–1960. DOI: 10.1016/j.ijmachtools.2006.01.034.
5. Chumadin A. S., Shishkin A. A. Issledovanie processa obzhima tonkostennyh trub [Study of the process of reduction thin-walled tubes]. *Kuznechno-shtampovochnoe proizvodstvo. Obrabotka materialov davleniem = Forging and stamping production. Metal forming*, 2012, no. 11, pp. 14–18.
6. Teterin P. K. *Teoriya poperechno-vintovoj prokatki* [Theory of helical rolling]. Moscow, Metallurgija Publ., 1971, 368 p.