

ОПТИМИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕЛИЧИНЫ СВОБОДНОГО РЕДУЦИРОВАНИЯ ТРУБЫ ВДОЛЬ КОНУСА ДЕФОРМАЦИИ СТАНА ХПТ

Пилипенко Станислав Владимирович

Доцент, ПГУ «Полоцкий государственный университет»

Вигерина Татьяна Владимировна

Доцент, ПГУ «Полоцкий государственный университет»

Штемпель Олег Петрович

Доцент, ПГУ «Полоцкий государственный университет»

В статье проведен анализ влияния параметров процесса ХПТ на величину обжатия по диаметру трубы вдоль конуса деформации стана ХПТ. Проанализировано влияние величины подачи и типа оправки стана холодной прокатки труб. Определены предпочтительные, с точки зрения оптимального распределения величины обжатия по диаметру трубы вдоль конуса деформации, параметры рабочей зоны оправки.

Ключевые слова: холоднокатаные трубы, ХПТ, чистота поверхности, брак, риски, обжатие по диаметру, конус деформации, параметры калибровки, рабочий инструмент.

В станах холодной прокатки труб, в том числе, прокатываются прецизионные трубы из легированных и высоколегированных марок сталей и сплавов, из титановых и циркониевых сплавов с повышенными требованиями к качеству их наружной и внутренней поверхности [1-2]. Одним из видов брака труб являются риски на их внутренней поверхности. Угроза образования рисков повышается при увеличении величины свободного редуцирования трубы, как в зоне редуцирования конуса деформации, так и в зоне редуцирования мгновенного очага деформации. Поэтому оптимизация распределения величины обжатия по диаметру вдоль конуса деформации ($\Delta D_x = 2\Delta R_x$, рис. 1) является важной научной проблемой.

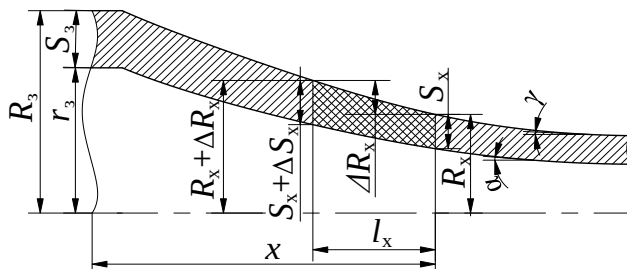


Рисунок 1 - Определение обжатия по диаметру трубы вдоль конуса деформации за цикл пильгерной прокатки

Обжатие по диаметру вдоль конуса деформации $\Delta D_x = 2\Delta R_x$ можно рассчитать по упрощенной формуле [3]:

$$\Delta R_x = m\mu_{\Sigma x} \operatorname{tg}\gamma_x. \quad (1)$$

где m – величина подачи; $\operatorname{tg}\gamma_x$ – конусность ручья на данном участке; $\mu_{\Sigma x}$ – вытяжка трубы вдоль конуса деформации в данном сечении

Более точные результаты дает метод расчета ΔD_x [2] способом интерполяционного нахождения верного значения начального диаметра трубы ($\Delta D_{x-lx} = 2(R_x + \Delta R_x)$, рис. 1) для каждого контрольного сечения, с последующим вычислением разницы между этими величинами. Расчет l_x (см. рис. 1) предлагается выполнять по формуле Я.Е Осады [2-3]:

$$l_x = \frac{\sqrt{S_x + 2(\operatorname{tg}\gamma - \operatorname{tg}\alpha) \frac{mS_3(D_3 - S_3)}{D_x - S_x}} - S_x}{\operatorname{tg}\gamma - \operatorname{tg}\alpha}, \quad (2)$$

где S_x – толщина стенки трубы в сечении; $\operatorname{tg}\alpha$ – конусность оправки на участке.

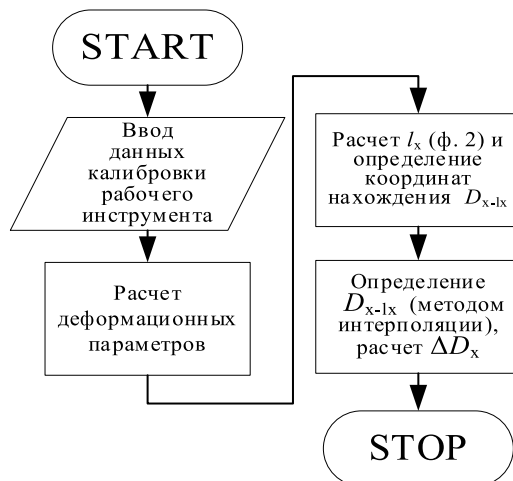


Рисунок 2 – Алгоритм определения обжатия по диаметру вдоль конуса деформации за цикл пильгерной прокатки

Для анализа влияния параметров процесса ХПТ на величину обжатия по диаметру трубы вдоль конуса деформации выбран маршрут прокатки труб из титанового сплава Gr-2 $45 \times 2,1 \rightarrow 21 \times 1$ мм. Первым проанализировано влияние величины подачи в случае использования в калибровке рабочего инструмента конусной оправки. С точки зрения приемлемой величины зазора между внутренней стороной трубы и цилиндром оправки, выбрана оправка с конусностью $2\operatorname{tg}\alpha = 0,05$. При этом обеспечивается зазор в 1,4 мм на сторону. Расчет ΔD_x проводился для подач в $m = 3$ мм, $m = 5$ мм, $m = 7$ мм, $m = 9$ мм (рис. 3).

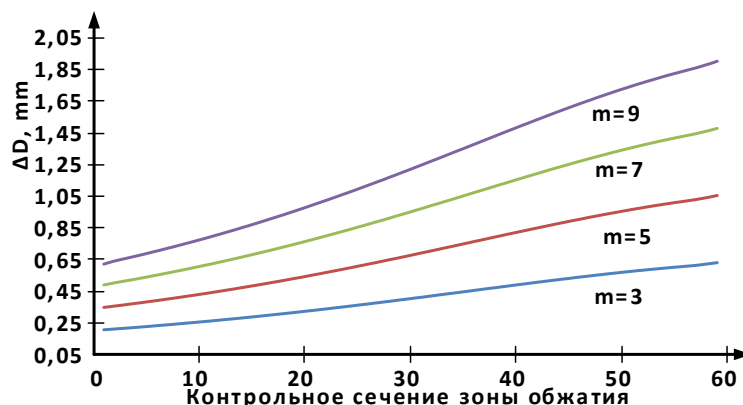


Рисунок 3 – Влияние величины подачи m , на распределение обжатия по диаметру вдоль конуса деформации (конусная оправка)

Далее исследовалось влияние величины подачи в случае использования калибровки с криволинейной образующей профиля рабочей зоны оправки. Выбрана оправка с начальной конусностью – $2\tan\alpha = 0,001$, степень крутизны – $n = 3,5$. Распределения ΔD_x рассчитывались при тех же значениях величин подач (рис. 4).

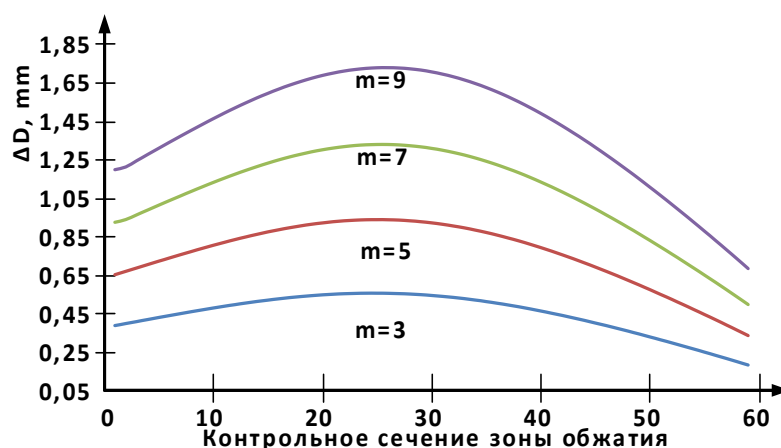


Рисунок 4 – Влияние величины подачи m , на распределение обжатия по диаметру вдоль конуса деформации (криволинейная оправка)

Из рисунка 4 видно, что при использовании калибровки с криволинейной образующей профиля рабочей зоны оправки имеется куполообразный характер распределения ΔD_x , с максимумом в середине зоны обжатия и значительным падением величины ΔD_x ближе к пережиму оправки. Максимальная величина ΔD_x (при $m=9$ мм) достигает 1,72 мм (при 1,94 мм в предыдущем случае). Такой вид распределения ΔD_x является более благоприятным, так как наклепанный металл в конце конуса не будет подвергаться значительной величине свободного редуцирования. Длина зоны редуцирования конуса деформации в этом случае не превышает 25

мм, при зазоре между внутренней поверхностью трубы и оправкой в 0,68 мм.

Выводы. Определено, что с применением оправки с криволинейной образующей имеется более оптимальный, с точки зрения предупреждения рискообразования, характер распределения ΔD_x вдоль конуса деформации стана ХПТ. Также уменьшается длина зоны редуцирования конуса деформации, уменьшается зазор между внутренней поверхностью трубы и оправкой. Таким образом, прокатка трубы в стане ХПТ с применением оправки с криволинейной образующей позволяет снизить угрозу рискообразования.

Список использованных источников

1. Pilipenko S.V. A deformation mode in a cold rolling condition to provide the necessary texture of the Ti-3Al-2.5V alloy / S.V. Pilipenko, Grigorenko V.U., Kozechko V.A., Bohdanov O.O. // Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu. – 2021. – № 1. – с. 078 – 083.

2. Пилипенко, С. В. Повышение точности определения Q-фактора в контрольных сечениях конуса деформации стана холодной пильгерной прокатки труб / С. В. Пилипенко, В. У. Григоренко // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В, Промышленность. Прикладные науки. - 2021. - № 11. - С. 18-24.

3. Шевакин, Ю.Ф. Калибровка и усилия при холодной прокатке труб [Монография] / Ю.Ф. Шевакин. - М: Металлургиздат, 1963. - 269 с.

OPTIMIZATION OF THE DISTRIBUTION OF THE REDUCTION VALUE ALONG THE PIPE DIAMETER ALONG THE DEFORMATION CONE OF THE COLD MILL

The article analyzes the influence of the parameters of the cold rolling process on the amount of compression along the pipe diameter along the deformation cone of the HPT mill. The influence of the feed size and the type of mandrel of the cold rolling mill of pipes is analyzed. The preferred parameters of these values, from the point of view of the optimal distribution of the compression value along the pipe diameter along the deformation cone, are determined.

Keywords: cold-rolled tubes, cold pilgering, surface roughness, defective product, scratches, reduction in diameter, deformation cone, calibration data, working tools.

**Пилипенко Станислав Владимирович,
Вигерина Татьяна Владимировна,
Штемпель Олег Петрович, 2022**