

УДК 621.774.21:621.791.7

Григоренко В. У.
Пилипенко С. В.

РАЗВИТИЕ МЕТОДА РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ХОЛОДНОЙ ПИЛЬГЕРНОЙ ПРОКАТКИ ТРУБ.

При производстве холоднодеформированных труб из дорогих марок сталей с использованием станов ХПТ наблюдается наличие относительно высокого расходного коэффициента металла [1–3]. Одной из причин этого есть использования калибровок инструмента с применением метода расчета параметров процесса, цель которого – получение максимальной производительности (при равномерном распределении силы прокатки по длине рабочего конуса) [4, 5]. Но производительность работы стана и точность труб – это две противоположности в техническом плане.

В настоящее время большинство методов расчетов параметров процесса обжатия на станах холодной пильгерной прокатки труб базируется на распределении толщины стенки и диаметра оправки вдоль рабочего конуса [1].

Целью этой статьи [2] является рассмотрение предложенного метода расчета параметров процесса ХПТ, с помощью которого возможно получать трубы заранее заданной точности поперечного сечения. Суть этой разработки заключается в том, что распределение течения металла в мгновенном очаге деформации и производной от него ширины калибра есть заданным. Для этого создаются [2] соответствующие обжатия в мгновенном очаге деформации (рис. 1) по длине рабочего конуса.

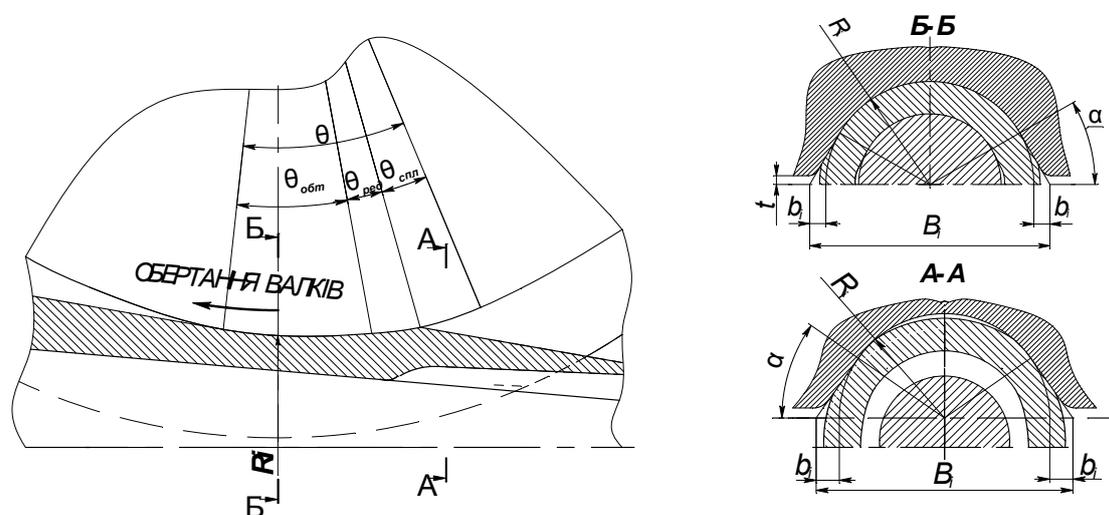


Рис. 1. Мгновенный очаг деформации:

θ – угол захвата по гребню ручья; $\theta_{ред}$ – угол зоны редуцирования; $\theta_{спл}$ – угол зоны сплющивания трубы; $\theta_{обт}$ – угол зоны обжима стенки; b_i – развалка; α – угол выпуска

Для обеспечения необходимой величины обжатия в мгновенном очаге деформации после предварительного распределения ширины калибра, выведенной авторами закономерностью (формула 1), рассчитываются необходимые значения толщины стенки.

Контроль энергосиловых параметров проводится с помощью математического моделирования процесса ХПТ.

Для проверки работоспособности метода авторами были проведены экспериментальные исследования изменения точности труб прокатанных на инструменте, параметры которого рассчитаны с его применением.

Первым исследованием являлся эксперимент по определению влияния заданного распределения развалки по длине рабочего конуса и связанного с ней режима деформирования на поперечную разностенность труб при увеличенном отношении обжатия по диаметру к обжатию по стенке [5].

Для первого эксперимента выбран маршрут $50,8 \times 4,88 > 32 \times 4,2$, прокатка проводилась на стане ХПТ-55. В ходе математического моделирования процесса за цель бралось достижение средней абсолютной поперечной разностенности до 0,2 мм. Развалка калибра в конце зоны обжатия стенки была равной 0,2 мм.

В результате эксперимента замерено 15 труб из переднего и заднего концов в 8 точках каждого сечения (рис. 2 и 3) до и после деформации. Результаты замеров обработаны и сведены в графики изменения абсолютной и относительной поперечной разностенности переднего и заднего концов (рис. 2 и 3).

Эксперимент показал, что поставленные цели были достигнуты. Как видно из графиков, в результате прокатки трубы на стане ХПТ при первичном распределении развалки калибра достигнутые значения величины разностенности отвечают заложенным в расчет.

Во втором эксперименте было исследовано влияние заданного распределения развалки по длине рабочего конуса и связанного с ним режима деформирования на поперечную разностенность труб при обычном отношении обжатия по диаметру к обжатию по стенке [6].

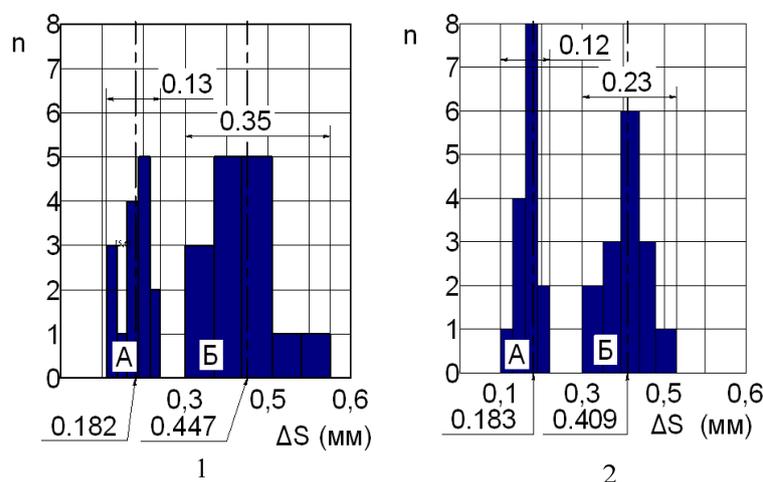


Рис. 2. Диаграмма изменения абсолютной поперечной разностенности переднего и заднего концов трубы ($m = 9$):

1 – передний конец трубы; 2 – задний конец трубы; А – готовая труба; Б – заготовка; n – количество случаев в интервале; ΔS – абсолютная поперечная разностенность

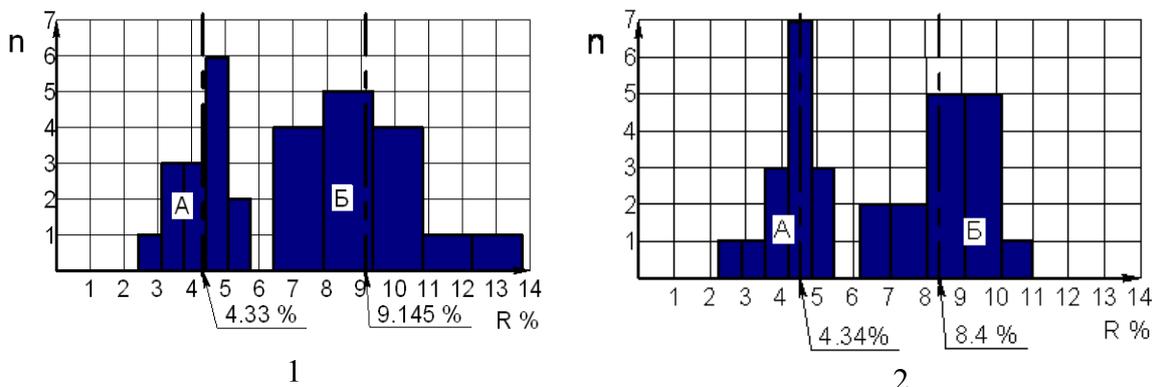


Рис. 3. Диаграмма изменения относительной поперечной разностенности переднего и заднего концов трубы ($m = 9$):

1 – передний конец трубы; 2 – задний конец трубы; А – готовая труба; Б – заготовка; n – количество случаев в интервале; R – относительная поперечная разностенность

Для эксперимента выбран маршрут $42,16 \times 3,56 > 26,67 \times 2,87$. Прокатка велась на оправке с криволинейной образующей. Развалка калибра в конце зоны деформации была равной 0,1 мм (4 % от толщины стенки трубы минус 0,5 процента на упругую деформацию клети), За цель эксперимента берется достижение разностенности, что не превышает 4 %.

В ходе эксперимента было прокатано 21 трубу. Из общего количества обмерено 12 труб до и после деформации с обеих концов с целью нахождения минимальной и максимальной толщины стенки в сечениях. Обработанные данные сведены в полигон изменения частот максимальной разностенности. Как видно из полигона, в результате прокатки достигнуты величины запланированной разностенности.

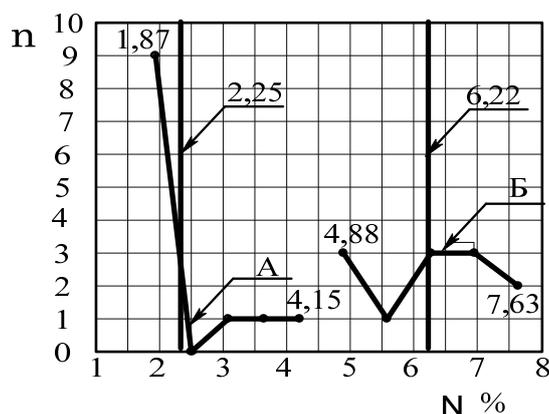


Рис. 4. Полигон изменения частот максимальной разностенности трубы до и после деформации при расчете параметров процесса ХПТ с заданным распределением развалки вдоль калибра:

А – максимальная разностенность после прокатки; Б – максимальная разностенность до прокатки

С целью более точного прогнозирования величины разностенности готовых труб прокатанных на стане ХПТ с применением инструмента, рассчитанного указанным методом, необходимо исследовать изменение величины поперечной разностенности вдоль конуса деформации с целью получения линии тренда данных показателей.

Для решения выше указанной задачи в ходе прокатки труб по маршруту $25 \times 2,8-15,1 \times 2,4$ был отобран конус деформации. Конус разрезан и обмерян в 15-ти контрольных участках с помощью микрометра повышенной точности. В данных сечениях были получены данные по минимальной и максимальной толщине стенки и наружному диаметру. Обработка данной информации показала, что вдоль конуса деформации относительная разностенность падает в среднем от 8,53 % до 4,4 % (рис. 5). Разностенность, которая была получена в ходе прокатки, лежит в границах запланированной при расчете параметров инструмента.

В результате анализа полученных данных по изменению относительной поперечной разностенности трубы вдоль конуса деформации получена зависимость изменения величины указанной разностенности труб прокатанных на стане ХПТ с применением инструмента, рассчитанного методом заданного распределения развалки:

$$\Delta = 7,891 - 0,048x^2 + 0,0027x^3, \quad (1)$$

где Δ – величина относительной разностенности (в процентах).

На рис. 6 показана полученная в ходе эксперимента зависимость величины разностенности от общей вытяжки трубы в сечениях конуса деформации.

Обработка данных результатов дала возможность получить соответствующую зависимость изменения величины разностенности от общей вытяжки трубы в сечениях конуса деформации при расчете параметров процесса ХПТ методом заданного распределения развалки:

$$\Delta = 11,994 - 6,535x^2 + 2,379x^3. \quad (2)$$

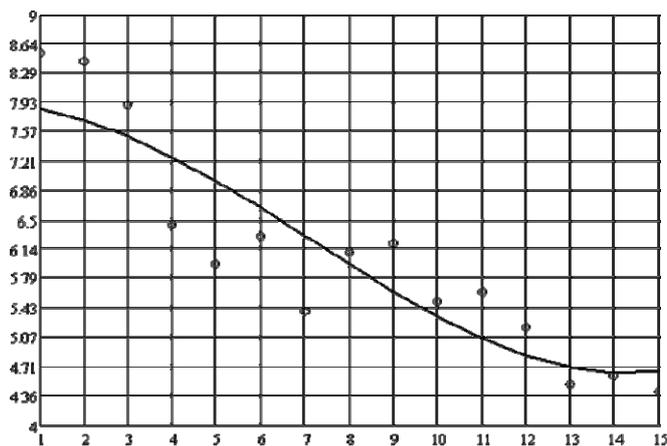


Рис. 5. Изменение относительной разностности вдоль конуса деформации в ходе прокатки труб по маршруту $25 \times 2,8-15,1 \times 2,4$ на инструменте, рассчитанном методом заданного распределения развалки

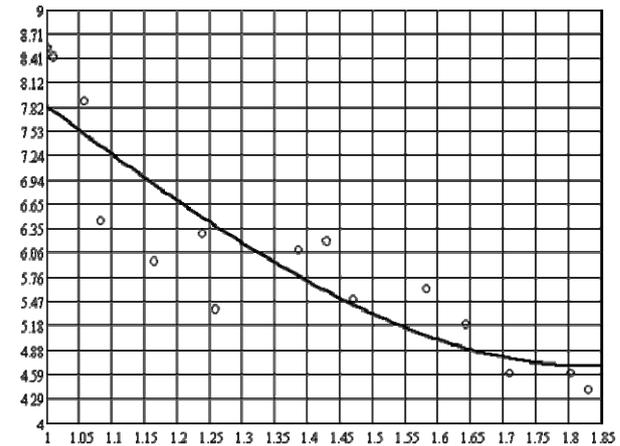


Рис. 6. Изменение относительной разностности в зависимости от вытяжки, в ходе прокатки труб по маршруту $25 \times 2,8-15,1 \times 2,4$ на инструменте, рассчитанном методом заданного распределения развалки

ВЫВОДЫ

Рассмотренные экспериментальные исследования доказывают эффективность метода расчета параметров процесса ХПТ с первичным распределением развалки калибра. Этот метод направлен на получение труб регламентированной величиной поперечной разностности. Выведенные зависимости позволяют прогнозировать эту величину точно труб уже на этапе проектирования инструмента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фролов В. Ф. Холодная пильгерная прокатка труб / В. Ф. Фролов, В. Н. Данченко, Я. В. Фролов. – Днепропетровск : Пороги, 2005. – 255 с.
2. Биск М. Б. Холодная деформация стальных труб / М. Б. Биск, И. А. Грехов, В. Б. Славин. – Свердловск : Среднеуральское книжное изд-во, 1977. – Т. 2. – 460 с.
3. Григоренко В. У. Математическая модель процесса валковой холодной прокатки труб основанная на исходном распределении ширины ручья по длине конуса рас катки и ее компьютерная реализация / В. У. Григоренко, С. В. Пилипенко // Вестник Донбасской государственной машиностроительной академии. – Краматорск : ДГМА, 2006. – № 1. – С. 77–79.
4. Шевакин Ю. Ф. Калибровка и усилия при холодной прокатке труб / Ю. Ф. Шевакин. – М. : Металлургия, 1963. – 212 с.
5. Григоренко В. У. Экспериментальні дослідження точності труб при визначенні параметрів процесу холодної пильгерної валкової прокатки труб з первинним урахуванням поширення / В. У. Григоренко, С. В. Пилипенко // Удосконалення процесів і обладнання обробки металів тиском в металургії і машинобудуванні : зб. наук. праць. – Краматорськ : ДДМА, 2008. – С. 235–238.
6. Григоренко В. У. Экспериментальні дослідження зміни різностінності труби при розрахунку параметрів процесу ХПТ методом з первинним врахуванням поширення металу / В. У. Григоренко, С. В. Пилипенко // Сучасні проблеми металургії. Наукові вісті. Пластична деформація металів. Теорія і технологія виробництва труб. – Дніпропетровськ : «Системні технології», 2008. – Т. 11. – С. 270–273.

Григоренко В. У. – д-р техн. наук, проф. НМетАУ;
 Пилипенко С. В. – канд. техн. наук, доц. НМетАУ.

НМетАУ – Национальная металлургическая академия Украины, г. Днепропетровск.

E-mail: 44-08@i.ua