

УДК 621.771.2

Медведев В. С.
Разиныков Н. А.**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ УШИРЕНИЯ МЕТАЛЛА
ПРИ ПРОКАТКЕ ПОЛОС В КРУГЛОМ КАЛИБРЕ**

При производстве осесимметричных профилей проката (круглой, квадратной и шестигранной стали) используют различные вытяжные системы калибров. Наиболее распространенными являются системы «круг – овал – круг», «овал – ребровой овал – овал», «квадрат – шестигранник – квадрат», «квадрат – ромб – квадрат» [1–4]. Во всех проходах прокатка производится в калибрах, что не обеспечивает широкой универсальности общей схемы калибровки валков прокатного стана. Вследствие этого имеет место повышенный расход валков и высокая себестоимость готовой продукции.

Известен способ безкалиберной прокатки сортовых профилей, суть которого состоит в том, что в черновых и предчистовых проходах прокатку ведут в гладких валках, чередуя обжатия в противоположных направлениях, а готовый профиль формируют в последних двух-трех калибрах [3, 5]. Этот способ обеспечивает высокую универсальность общей схемы калибровки валков прокатного стана, минимальный расход валков. Однако прокатка профилей только в гладких валках имеет ряд недостатков. Основными недостатками этого способа являются неустойчивость раскатов при их деформировании в гладких валках, когда отношение высоты H к ширине B полосы $H/B > 1,2$, а также значительное остывание углов прямоугольной полосы при прокатке высоколегированных и труднодеформируемых инструментальных, жаропрочных и жаростойких сталей, что приводит к появлению трещин на готовом профиле.

В ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» разработан новый способ малокалиберной прокатки профилей с использованием системы вытяжных калибров «гладкая бочка – плоский ребровой овал – гладкая бочка». По сравнению с традиционными эта система позволяет в 2 раза уменьшить число калибров в общей схеме калибровки валков прокатного стана, при этом полностью исключаются недостатки, присущие безкалиберной прокатке. Прокатка производится в плоском ребровом овале с неполным заполнением металлом по ширине калибра, что исключает образование дефектов на готовом профиле.

Плоский ребровой овал представляет собой калибр, ручки которого описаны окружностями с радиусами R , равными радиусам закругления боковых кромок раската в предыдущем проходе на гладкой бочке, с отношением высоты овала H к удвоенному радиусу $2R$ больше единицы. При отношении $H/2R = 1$ плоский ребровой овал представляет собой круглый калибр диаметром $d_k = 2R$. Данная величина отношения $H/2R$ является его нижним предельным значением. При этом система калибров «гладкая бочка – плоский ребровой овал – гладкая бочка» превращается в систему «гладкая бочка – круг». Построение плоских ребровых овалов в системе калибров «гладкая бочка – плоский ребровой овал – гладкая бочка» осуществляется по предельным значениям отношения $H/2R$. Обжатия в калибрах выбираются с учетом $H/2R > 1$, что обеспечивает устойчивость процесса прокатки без скручивания раскатов вокруг продольной оси.

Данная работа является продолжением исследований [6, 7] новой ресурсосберегающей малокалиберной прокатки осесимметричных профилей.

Целью работы является экспериментальное исследование уширения металла при прокатке полос с закругленными кромками в круглом калибре (рис. 1) и получение эмпирической зависимости для определения величины уширения.

Прокатка производилась на стане 250. Начальный диаметр валков $D = 270$ мм. Скорость прокатки $V = 2$ м/с, материал образцов Ст3, температура прокатки 1100 °С.

Экспериментальные данные прокатки полос в круглом калибре приведены в табл. 1.

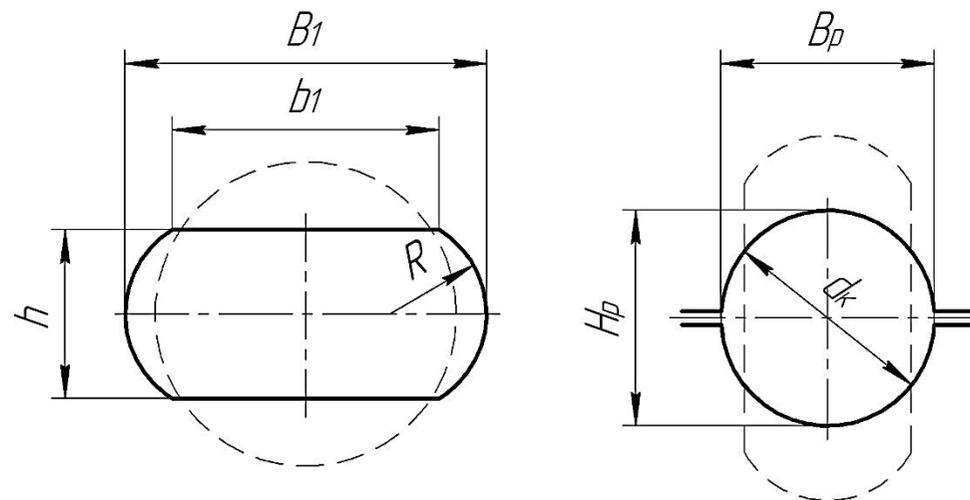


Рис. 1. Схема прокатки в системе калибров «круг – гладкая бочка – круг»

Таблица 1

Уширение металла при прокатке полос в круглом калибре

№ образца	Средний катающий диаметр $D_{к\text{ ср}}$, мм	$d_{к\text{э}}$, мм	Размеры полосы, мм			Размеры круга, мм		Фактическое уширение $\Delta b_{\text{ф}}$, мм	Расчетное уширение Δb_p , мм				
			h	B_1	b_1	B_p	H_p		формула Жеза	формула Зибеля	формула Чекмарева	формула Смирнова	формула авторов
1	244,9	32,0	25,0	54,2	40,0	34,0	32,6	9,0	4,3	7,2	5,9	8,1	9,7
2	244,9	32,0	24,9	46,5	32,0	30,8	32,1	5,9	2,9	4,6	4,1	5,8	6,2
3	244,9	32,0	24,9	46,2	31,5	30,7	32,2	5,8	2,8	4,4	3,9	5,6	6,0
4	251,2	24,0	17,8	40,0	30,5	27,0	24,0	9,2	3,2	6,3	4,6	6,4	8,5
5	251,2	24,0	17,0	40,8	31,0	25,7	24,5	8,7	3,3	6,3	4,5	5,6	8,6
6	255,1	19,0	13,7	30,8	23,0	19,3	20,0	5,6	2,7	4,6	3,2	4,0	6,2
7	257,4	16,0	11,9	23,5	17,0	16,6	16,1	4,7	1,9	3,4	2,4	3,5	4,6
8	257,4	16,0	11,1	24,0	17,8	17,0	15,8	5,9	2,1	3,9	2,6	3,5	5,3

Найдем величину уширения Δb для прокатки полос с закругленными по радиусу кромками в круглом калибре.

Сначала рассмотрим возможность использования существующих зависимостей для расчета уширения металла, а именно формул Л. Жеза, Э. Зибеля [1], А. П. Чекмарева [2] и В. К. Смирнова [3] (табл. 2).

В формуле Л. Жеза форма калибра учитывается посредством изменения коэффициента пропорциональности a .

В работе [1] А. П. Виноградовым уточнена формула Л. Жеза и предложена диаграмма для определения коэффициента a с учетом исходной высоты полосы H и диаметра валков D . В этой работе коэффициент a принят равным $a \approx 0,20$ при $B_1 = 46,2...54,2$ мм ($d_k = 24-32$ мм) и $a \approx 0,25$ при $B_1 = 23,5...30,8$ мм ($d_k = 16-19$ мм).

Таблица 2

Формулы для определения величины уширения металла при прокатке полос в круглом калибре

Автор	Величина уширения Δb , мм
Л. Жез	$\Delta b = a \Delta h$
Э. Зибель	$\Delta b = 0,35 \frac{H-h}{H} \sqrt{R(H-h)}$
А. П. Чекмарев	$\Delta b = \frac{2 b_{cp} \Delta h k_{огр}}{(H+h) \left[1 + (1+\alpha) \left(\frac{b_{cp}}{R\alpha} \right)^n \right]}$; $k_{огр} = 0,6...0,8$
В. К. Смирнов	$\beta = 1 + C_0 \left(\frac{1}{\eta} - 1 \right)^{C_1} A^{C_2} a_0^{C_3} a_k^{C_4} \delta_0^{C_5} \psi^{C_6} (tg \varphi)^{C_7}$

В формуле А. П. Чекмарева учет формы калибра осуществляется через коэффициент ограничения уширения $k_{огр}$. Для калибров $k_{огр}$ принимает значения от 0,6 до 0,8. При прокатке в гладких валках $k_{огр} = 1$.

В формуле В. К. Смирнова предложена зависимость, в которой форма калибра учитывается посредством изменения значений коэффициентов $C_0...C_7$.

Результаты расчета уширения металла в круглом калибре по известным формулам и опытные данные приведены в табл. 1. Анализ расчетных данных показал, что определение уширения металла при прокатке полос в круглом калибре по приведенным выше формулам дает значительную погрешность.

Величина относительной погрешности δ при расчете величины уширения Δb составляет по Л. Жезу 51,2–65,3 %, по Э. Зибелю 18,7–34,2 %, по А. П. Чекмареву 31,0–55,6 %, по В. К. Смирнову 2,1–40,0 %.

Из табл. 1 видно, что наиболее точные значения уширения дает формула Э. Зибеля, однако и она требует корректировки.

Уточним формулу Э. Зибеля.

Коэффициент пропорциональности, определенный по формуле:

$$k = \frac{\Delta b_{\phi}}{\frac{H-h}{H} \sqrt{R(H-h)}}$$

изменяется в пределах от 0,43 до 0,53.

Для практических расчетов k рекомендуется принять равным 0,47. Тогда формула для расчета уширения металла при прокатке полосы с закругленными кромками в круглом калибре с учетом его полного заполнения примет вид:

$$\Delta b = 0,47 \frac{H-h}{H} \sqrt{R(H-h)}.$$

Относительная погрешность δ при определении уширения при прокатке полос в круглом калибре по этой формуле находится в пределах от $-10,2$ до $+10,8$ %.

ВЫВОДЫ

Представлены результаты опытной прокатки полос в круглом калибре. Проведен сравнительный анализ известных расчетных формул для определения уширения металла и дана оценка их точности. Уточнено значение коэффициента пропорциональности k при прокатке полос в круглом калибре в формуле Э. Зибеля.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Виноградов А. П. Калибровка прокатных валков / А. П. Виноградов, Г. А. Виноградов. – М. : Металлургиздат, 1950. – 344 с.
2. Чекмарев А. П. Калибровка прокатных валков / А. П. Чекмарев, М. С. Мутьев, Р. А. Машиковцев. – М. : Металлургия, 1971. – 512 с.
3. Смирнов В. К. Калибровка прокатных валков / В. К. Смирнов, В. А. Шилов, Ю. В. Инатович. – М. : Металлургия, 1987. – 368 с.
4. Литовченко Н. В. Калибровка профилей и прокатных валков / Н. В. Литовченко. – М. : Металлургия, 1990. – 432 с.
5. Разработка технологии бескалибровой прокатки сортовых полосовых профилей в условиях мелкосортных станков / В. И. Засельский, А. В. Сатонин, Д. Е. Букотин, В. С. Найденов, М. Г. Коренко, В. Ю. Григорчук // Вестник НТУ «ХПИ». – X. : НТУ «ХПИ», 2012. – № 46 (952) – С. 148–153. – (Серия «Новые решения в современных технологиях»).
6. Медведев В. С. Ресурсосберегающая малокалиберная прокатка сортовых профилей / В. С. Медведев, Н. А. Разиньков // Вестник НТУ «ХПИ». – X. : НТУ «ХПИ». – 2012. – № 46 (952). – С. 159–164. – (Серия «Новые решения в современных технологиях»).
7. Медведев В. С. Экспериментальное исследование уширения металла при прокатке кругов на гладкой бочке / В. С. Медведев, Н. А. Разиньков // Обработка материалов давлением : сб. науч. трудов. – Краматорск : ДГМА, 2012. – № 4(33). – С. 172–177.

Медведев В. С. – д-р техн. наук, гл. науч. сотр. ГП «УкрНТЦ «Энергосталь»;

Разиньков Н. А. – мл. науч. сотр. ГП «УкрНТЦ «Энергосталь».

ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» – Государственное предприятие «Украинский научно-технический центр металлургической промышленности «Энергосталь»», г. Харьков.

E-mail: energostal@energostal.org.ua