

УДК 621.771: 621.771.23

Руденко Е. А.
Коновалов Ю. В.
Фролова М. О.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ФОРМОИЗМЕНЕНИЯ СЛЯБОВ ПОСЛЕ ОБЖАТИЯ В ГЛАДКИХ И КАЛИБРОВАННЫХ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ВАЛКАХ

Обжатие слябов в вертикальных валках черновой клетки относится к деформации сверхвысоких и высоких полос без вытяжки или с малой вытяжкой. Процесс характеризуется неустановившимися стадиями на участках переднего и заднего концов. На переднем конце плоская деформация переходит в объемную, а на заднем – объемная в плоскую. Как следствие, передний конец получает форму с утяжкой по ширине и вогнутым торцом, задний конец не утянутый по ширине и имеет вогнутый торец. Поперечное сечение сляба после обжатия в вертикальных валках изменяется по длине от прямоугольного вблизи торцов до вогнутого с локальными наплывами металла на участках боковых кромок. Значительные искажения концов в плане и поперечного сечения от прямоугольной формы во многом определяют концевую обрезь при реализации технологии редуцирования непрерывнолитых слябов, а, следовательно, и расход металла на широкополосных станах горячей прокатки.

Недостатком известных регрессионных моделей по формоизменению раскатов в плане является то, что они получены при прокатке в гладких вертикальных валках (ВВ) с малыми обжатиями узких [1] и широких [2] слябов и не могут быть использованы при редуцировании, которое выполняется в калиброванных ВВ.

Целью работы является разработка зависимостей для расчета параметров формы концов раскатов в плане и наплывов на участках боковых кромок.

Экспериментальные исследования формоизменения раскатов при прокатке в ВВ при разовом обжатии выполняли методом физического моделирования на лабораторном стане кафедры обработки металлов давлением ДонНТУ. Масштаб моделирования 1:30. В качестве моделирующего материала использовали свинец. Моделировали процесс формоизменения слябов толщиной 240 мм, шириной 1350, 1800 и 2200 мм при их редуцировании в вертикальных валках диаметром 1600 мм с гладкой бочкой и с ящичными калибрами трех размеров. Ручьи ящичных калибров имели такие размеры: глубина $H_p = 150, 195, 250$ мм; ширина у разъема $B_p = 340, 320, 300$ мм; ширина у дна $B_d = 240$ мм.

Для характеристики размеров ящичных калибров использовали обобщенный показатель $K_{кал}$ [3]:

$$K_{кал} = \sqrt{\frac{1 + (0,1H_p / (B_p - B_d))}{1 - (2H_p / B)}} \quad (1)$$

Для гладкой бочки $K_{кал} = 0$.

Параметры формоизменения поперечного сечения (а) и концов раската в плане (б) показаны на рис. 1.

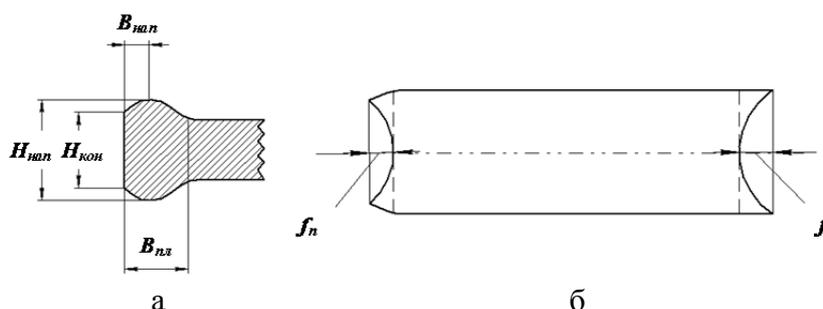


Рис. 1. Параметры формоизменения поперечного сечения (а) и концов раската в плане (б)

Из рис. 1 видно, что параметрами, характеризующими форму поперечного сечения и концов раската в плане, являются: f_n, f_3 – стрела вогнутости переднего и заднего торцов раската; $H_{кон}, H_{нап}$ – толщина раската на контакте и толщина наплыва; $B_{нап}$ – расстояние от боковой кромки до вершины наплыва; $B_{пл}$ – глубина проникновения деформации по ширине. Кроме того при обжатии в калибре измеряли глубину заполнения ручья металлом $H_{зан}$ и рассчитывали показатель заполнения $K_{зан} = H_{зан}/H_p$.

В качестве независимых переменных процесса редуцирования приняли отношение ширины к толщине сляба B/H , относительное обжатие $\Delta B/B$ и показатель $K_{кал}$. Диапазоны их изменения составили: $B/H = 5,1-9,44$; $\Delta B/B = 0,02-0,13$; $K_{кал} = 1,14-1,46$.

На рис. 2–6 показано влияние переменных на параметры формы слябов после ВВ.

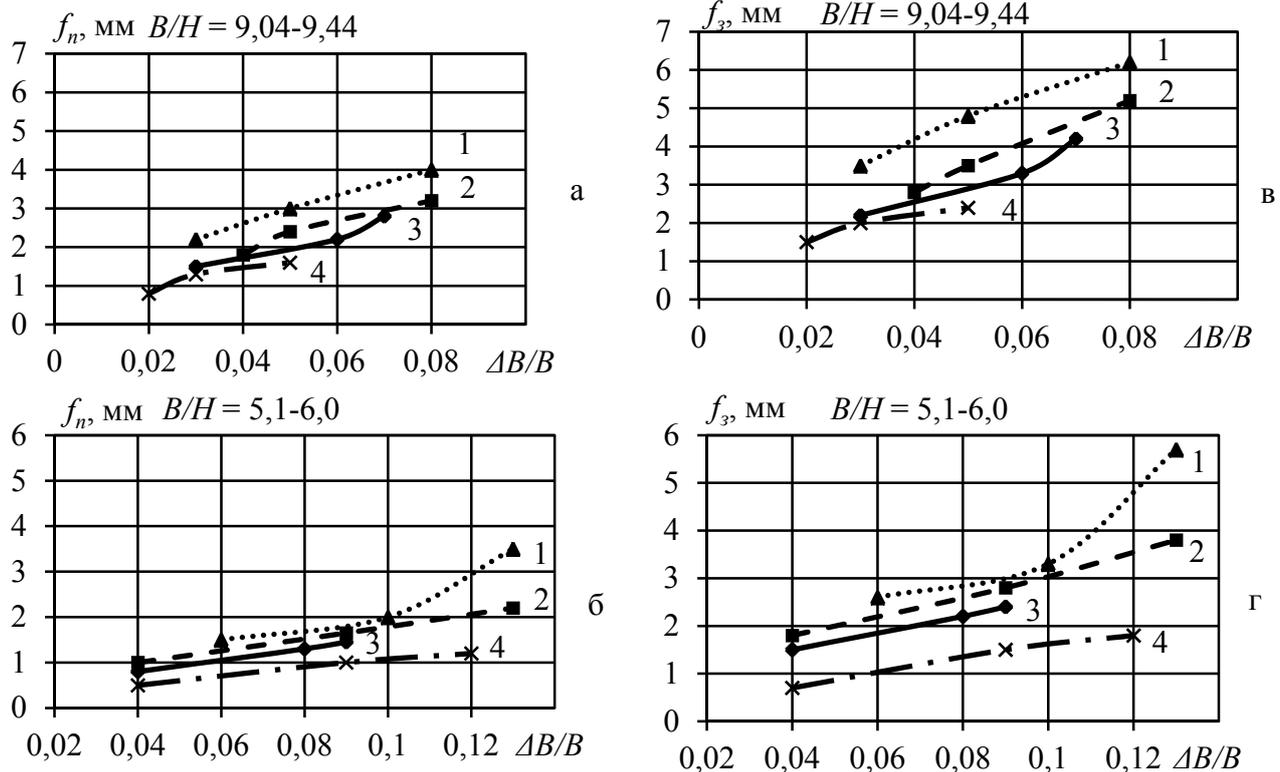


Рис. 2. Зависимость вогнутости переднего f_n (а, б) и заднего f_3 (в, г) концов раската после обжатия образцов (модели) в калибрах и на гладкой бочке от критериев $\Delta B/B, K_{кал}$ и B/H :

1 – $K_{кал} = 1,33...1,46$; 2 – $K_{кал} = 1,27...1,36$; 3 – $K_{кал} = 1,14...1,18$; 4 – $K_{кал} = 1$ (ГБ)

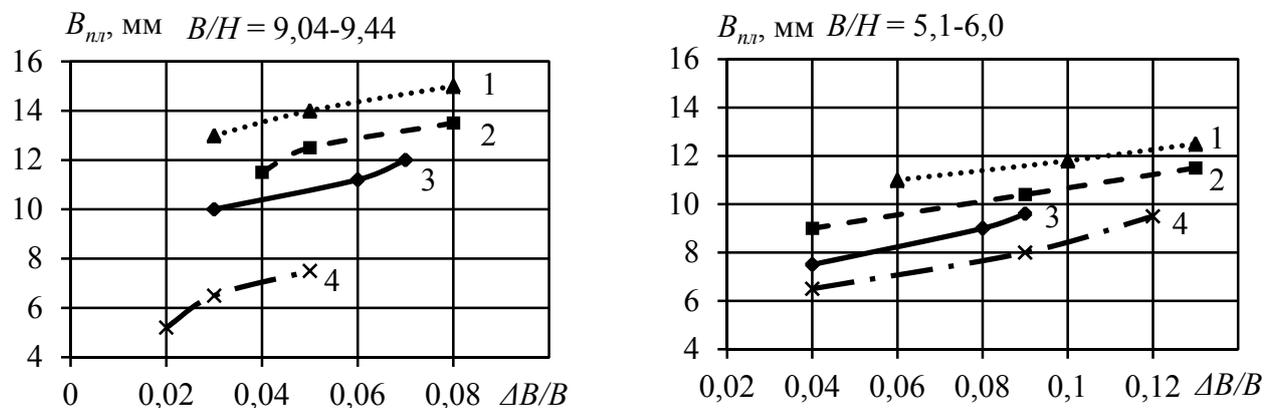


Рис. 3. Зависимость глубины проникновения деформации $B_{пл}$ после обжатия образцов (модели) в калибрах и на гладкой бочке от критериев $\Delta B/B, K_{кал}$ и B/H :

1 – $K_{кал} = 1,33...1,46$; 2 – $K_{кал} = 1,27...1,36$; 3 – $K_{кал} = 1,14...1,18$; 4 – $K_{кал} = 1$ (ГБ)

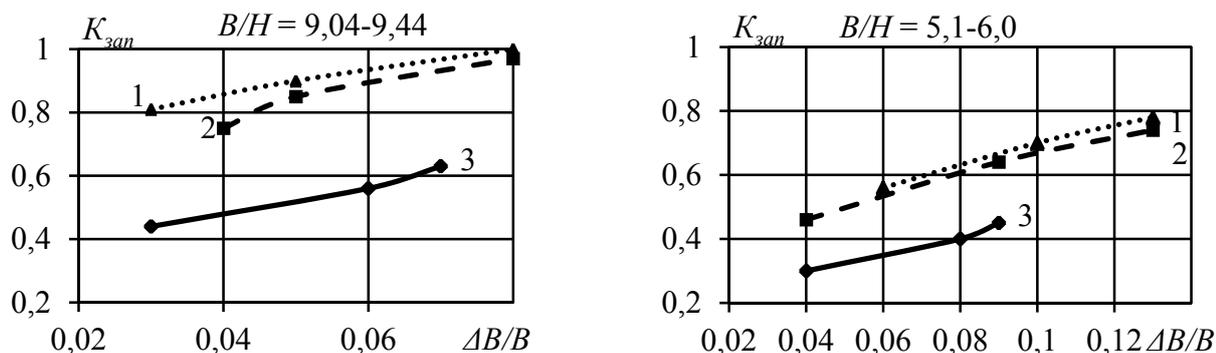


Рис. 4. Зависимость коэффициента заполнения K_{zap} после обжатия образцов (модели) в калибрах от критериев $\Delta B/B$, B/H , $K_{кал}$:

1 – $K_{кал} = 1,33 \dots 1,46$; 2 – $K_{кал} = 1,27 \dots 1,36$; 3 – $K_{кал} = 1,14 \dots 1,18$

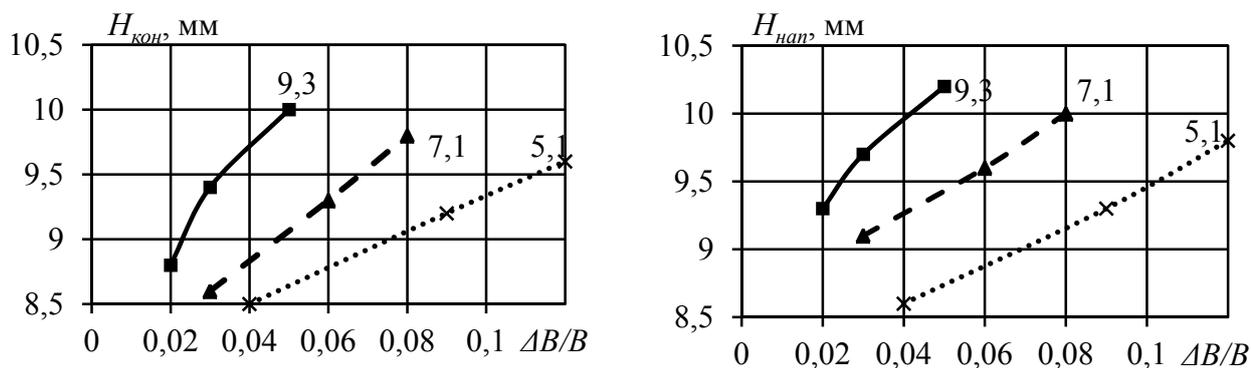


Рис. 5. Зависимость толщины образца на контакте $H_{кон}$ и толщины наплыва $H_{нап}$ после обжатия образцов (модели) на гладкой бочке от критериев $\Delta B/B$, B/H (цифры у кривых – значения B/H)

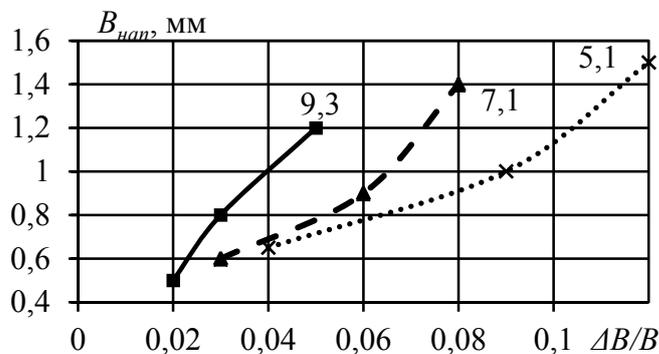


Рис. 6. Зависимость расстояния от боковой кромки до вершины наплыва $B_{нап}$ после обжатия образцов (модели) на гладкой бочке от критериев $\Delta B/B$, B/H ((цифры у кривых – значения B/H)

Из рисунков следует, что с ростом отношения B/H стрелы вогнутости торцов увеличиваются, причем стрела вогнутости заднего конца раската больше переднего в 1,5–2 раза. Отношение B/H при обжатии в калибрах и на гладкой бочке влияет на глубину проникновения деформации $B_{пл}$ по-разному: при прокатке в калибрах глубина проникновения деформации увеличивается с ростом B/H , а на гладкой бочке – уменьшается. Наименьшие значения параметров формы раската f_n , f_3 и $B_{пл}$ получили при обжатии на гладкой бочке. При обжатии в калибрах наименьшее значение параметров формы при $K_{кал} = 1,14–1,18$, а наибольшее при $K_{кал} = 1,33–1,46$. Полное заполнение ручья наблюдается при относительном обжатии 0,08 широких слябов в глубоких узких калибрах с показателем $K_{кал} = 1,46$. Толщина образца на контакте $H_{кон}$ и толщина образца по локальным прикромочным напылам $H_{нап}$ после обжатия

на гладкой бочке растёт с увеличением относительного обжатия и отношения B/H . Расстояние от боковой кромки до вершины наплыва $B_{нап}$ при прокатке на гладкой бочке с ростом B/H уменьшается.

Для определения параметров формы концов раската и поперечного сечения после обжатий слябов в вертикальных валках выбрана регрессионная модель вида:

$$Y/B = f \{ (\Delta B/B); (B/H); K_{кал} \}, \quad (2)$$

где $Y = f_n, f_z, B_{пл}, K_{зан}$.

После регрессионной обработки данных получены зависимости в виде многочлена:

$$Y/B = B_0 + B_1(\Delta B/B) + B_2(B/H) + B_3 K_{кал}. \quad (3)$$

Значения коэффициентов в зависимостях (3) приведены в табл. 1.

Таблица 1

Значения коэффициентов

Y/B	B_0	B_1	B_2	B_3
f_n/B	0,0029	0,2280	0,00046	–
f_z/B	0,0054	0,3112	0,00085	–
$H_{кон}/B$	0,2971	0,3345	-0,02050	–
$H_{нап}/B$	0,3095	0,2370	-0,02081	–
$B_{пл}/B$	0,0135	0,2412	-0,00119	–
$B_{нап}/B$	0,2125	0,8583	-0,01744	–
f_n/B	-0,0698	0,3921	0,00326	0,04323
f_z/B	-0,0925	0,6629	0,00433	0,05733
$B_{пл}/B$	-0,0297	0,5905	-0,00522	0,17133
$K_{зан}/B$	-2,0270	3,076	0,12053	1,26789

ВЫВОДЫ

С увеличением относительного обжатия $\Delta B/B$ и отношения ширины к толщине образца B/H все параметры формоизменения $f_n, f_z, B_{пл}, K_{зан}, H_{кон}, H_{нап}, B_{нап}$ увеличиваются.

Отношение B/H при прокатке в калибрах и на гладкой бочке влияет на $B_{пл}$ и $B_{нап}$ по-разному: при прокатке в калибрах увеличивается с ростом B/H , а на гладкой бочке – уменьшается.

Наименьшие значения параметров формы концов f_n, f_z и $B_{пл}$ получили при обжатии на гладкой бочке, наименьшие – при прокатке в мелких пологих калибрах с $K_{кал} = 1,14-1,18$.

Полное заполнение ($K_{зан} = 1,0$) отмечено в глубоких узких калибрах ($K_{кал} = 1,46$) при степени обжатия 0,08 широких слябов ($B/H = 9,4$).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шевцов В. К. Некоторые особенности расчета параметров прокатки в универсальной клети широкополосного стана / В. К. Шевцов, Е. А. Руденко, Ю. В. Коновалов // Изв. вузов. Черная металлургия. – 1990. – № 8. – С. 31–34.
2. Тишков В. Я. Особенности расчёта режима обжатий при реверсивной прокатке сляба / В. Я. Тишков, Г. И. Набатов, Ю. А. Ерёмин // Теория и технология производства толстого листа : темат. сб. научн. трудов (МЧМ УССР). – М. : Металлурги, 1986. – С. 115–118.
3. Корохов В. Г. Осевая вытяжка при редуцировании сляба / В. Г. Корохов, Р. А. Черковер, А. Е. Лонцкий // Обработка материалов давлением : сб. научн. трудов. – Краматорск : ДГМА, 2008. – № 1 (19). – С. 281–291.

Руденко Е. А. – д-р техн. наук, проф. ДонНТУ;
 Коновалов Ю. В. – д-р техн. наук, проф. ДонНТУ;
 Фролова М. О. – аспирант ДонНТУ.

ДонНТУ – Донецкий национальный технический университет, г. Донецк.

E-mail: marinafrolova87@gmail.com

Статья поступила в редакцию 29.03.2012 г.