

УДК 621.771.01

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

ЭФФЕКТИВНОСТЬ УМЕНЬШЕНИЯ ШИРИНЫ СЛЯБОВ ПРИ ИХ РЕДУЦИРОВАНИИ С МНОГОКРАТНЫМ ОБЖАТИЕМ В ГЛАДКИХ И КАЛИБРОВАННЫХ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ВАЛКАХ

На сегодняшний день широко внедряется технология редуцирования непрерывнолитых слябов по ширине в мощных черновых реверсивных универсальных клетях широкополосных станов. Редуцирование позволяет сократить число типоразмеров непрерывнолитых слябов по ширине и получить полосу шириной на 200–250 мм меньше ширины исходного сляба.

Процесс редуцирования может быть реализован путем разового или двух-, трехкратного последовательного обжатия в вертикальных валках (ВВ) с последующим проглаживанием широкой грани раската в горизонтальных валках (ГВ) на исходную толщину после каждого нечетного обжатия в вертикальных валках. До настоящего времени технология редуцирования слябов на широкополосных станах Украины не освоена. Общей задачей данной работы является получение зависимостей для расчета вынужденного уширения и эффективности уменьшения ширины слябов в условиях многократного обжатия в калиброванных вертикальных валках реверсивной универсальной черновой (редуцирующей) клетки широкополосного стана.

Прокатка слябов в клетки с ВВ относится к случаю прокатки высоких и сверх высоких полос. При такой прокатке развиваются значительные приконтактные наплывы у кромок слябов, которые при последующем проглаживании сляба в ГВ обуславливают вынужденное уширение. В связи с этим, ширина сляба формируется не только в вертикальных валках, но и в горизонтальных.

В технической литературе [1–4] достаточно широко освещены результаты исследования вынужденного уширения в горизонтальных валках для широкого диапазона изменения основных критериев прокатки, причем все зависимости получены в условиях разовой или многократной деформации в гладких вертикальных валках перед обжатием в горизонтальных.

В ряде работ представлены результаты исследования эффективности уменьшения ширины при разовых и многократных обжатиях узких [2] и широких [3] слябов при прокатке в гладких вертикальных валках. Однако в литературе нет данных по влиянию многократных дробных обжатий на эффективность уменьшения ширины при прокатке в калиброванных вертикальных валках.

Целью работы является исследование влияния многократной и дробной деформации в вертикальных валках с ящичными калибрами различных размеров на эффективность уменьшения ширины слябов при их редуцировании.

Исследование выполнили методом физического моделирования условий редуцирования слябов за один, два и три прохода на лабораторном стане. Масштаб моделирования 1:30, материал – свинец. Моделировали процесс редуцирования слябов шириной $B = 1350, 1800$ и 2250 мм, толщиной $H = 240$ мм в вертикальных валках диаметром 1500 мм с тремя ящичными калибрами и процесс проглаживания в горизонтальных валках диаметром 1500 мм. Форма калибров – ящичная. Размеры ручьев калибров даны в табл. 1.

При исследовании многократного обжатия в вертикальных валках на эффективность уменьшения ширины образцы толщиной 8 мм каждой партии ширины (45, 60, 75 мм) обжимали в каждом калибре вертикальных валков по различным режимам: за один, два и три последовательных прохода с обжатиями 2–2,5 мм. Часть образцов обжимали в каждом калибре разово примерно на 2, 4 и 6 мм. Затем обжатые образцы проглаживали в горизонтальных

валках на начальную толщину. После проглаживания измеряли ширину образцов B_2 , определяли изменение ширины от исходной δB_2 , как разность $B_0 - B_2$, и вынужденное уширение от обжатия в вертикальных валках $\delta \varepsilon_{вн}$, как разность обжатия в вертикальных валках ΔB и вынужденного уширения $\delta \varepsilon_{вн}$.

Таблица 1

Размеры ручьев калибров (натура)

№ калибра	B_d , мм	B_p , мм	H_p , мм	$\text{tg } \varphi$	φ , град	D_k , мм
1	240	340	150	0,33	20,3	1500
2	240	320	195	0,2	12,6	1410
3	240	300	250	0,1	6,35	1320

В табл. 1 обозначено: B_d – ширина дна ручья; B_p – ширина ручья у разъема; H_p – глубина ручья; φ – угол наклона боковой стенки; $\text{tg } \varphi$ – выпуск, D_k – катающий диаметр.

В качестве исследуемых параметров процесса редуцирования сляба приняли: эффективность уменьшения ширины $\eta = \frac{\delta B_2}{\Delta B}$ [1].

В качестве независимых переменных процесса редуцирования и последующего проглаживания сляба приняли: отношение ширины к толщине образцов B/H – показатель поперечного сечения сляба; $\sum_{i=1}^{i=3} \Delta B_i / B$ – возрастающее относительное обжатие по проходам при редуцировании; $\sum_{i=1}^{i=3} \Delta B_i / \Delta B_{иср}$ – условный показатель суммарного обжатия (количество проходов при равномерном обжатии); $K_{кал}$ – показатель размера ящичного калибра, который определяли по формуле [4]:

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

При исследовании влияния дробности обжатия (при заданной сумме обжатий) в вертикальных валках на эффективность процесса редуцирования в двух $\eta_{1(2)}$ и в трех $\eta_{1(3)}$ в качестве независимых переменных приняли: отношение B/H , нарастающую долю обжатия в одном (например, первом) проходе при редуцировании с заданным суммарным обжатием за два прохода $\Delta B_1 / \sum_1^2 \Delta B_i$ и нарастающую долю в одном проходе при редуцировании с заданным суммарным обжатием за три прохода $\Delta B_1 / \sum_1^3 \Delta B_i$. Графики изменения η показаны на рис. 1–2.

Как видно из рис. 1, эффективность редуцирования уменьшается с увеличением ширины слябов (отношения B/H), ростом числа последовательных обжатий и с уменьшением показателя калибра $K_{кал}$ (уменьшением глубины ручья, увеличением выпуска, уменьшением отношения $2H_p / B$). Самая низкая эффективность отмечена при редуцировании в гладких вертикальных валках ($K_{кал} = 1,0$) слябов максимальной ширины.

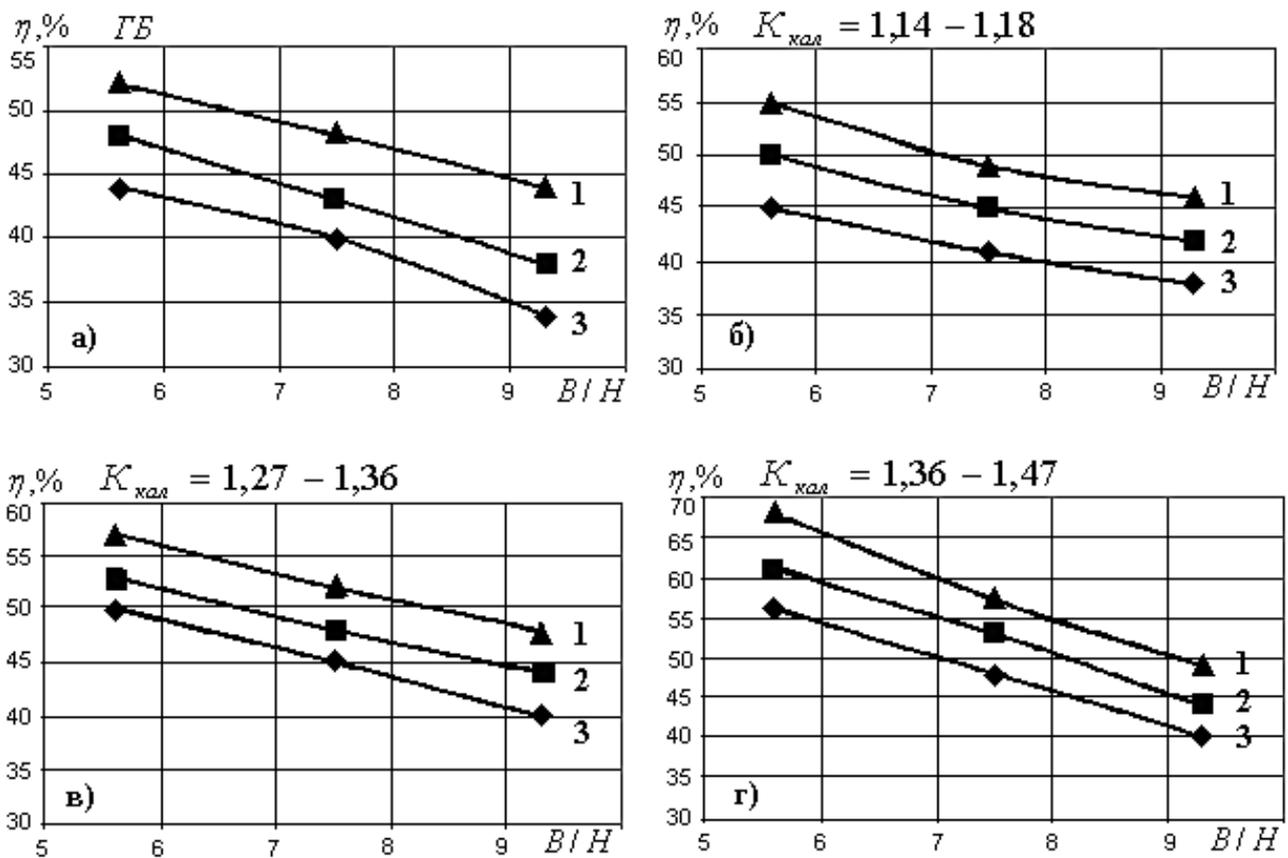


Рис. 1. Влияние отношения ширины к толщине (B/H), числа проходов и параметров калибра ($K_{кал}$) на эффективность (η) уменьшения ширины при редуцировании сляба: 1 – разовое обжатие; 2 – двойное обжатие; 3 – тройное обжатие

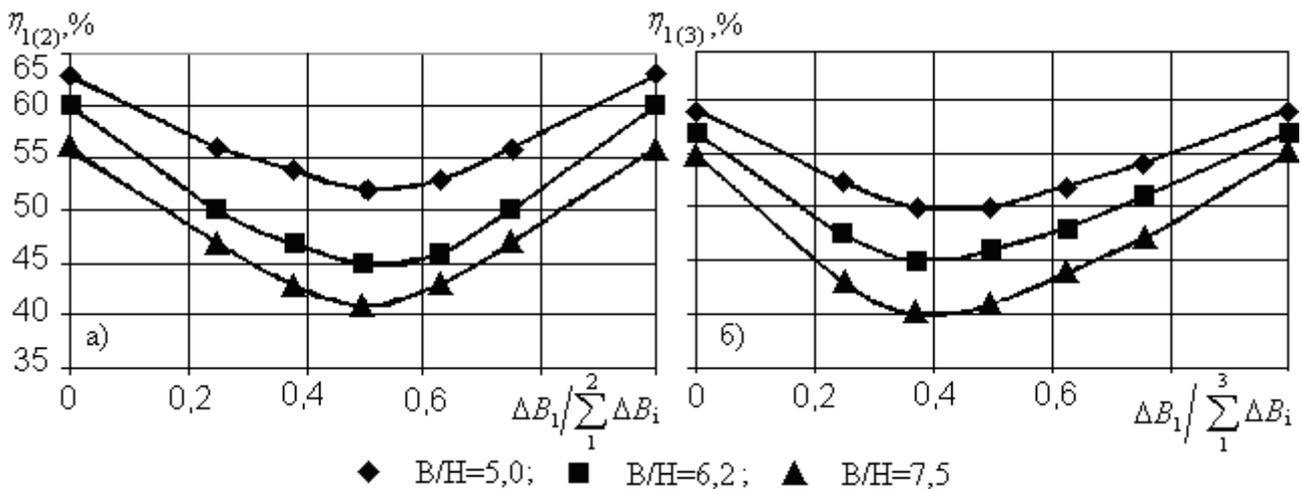


Рис. 2. Влияние перераспределения обжатий между двумя (а) и тремя (б) последовательными проходами ($\Delta B_1 / \sum_{i=1}^i \Delta B_i$) на эффективность уменьшения ширины ($\eta_{1(2)}$; $\eta_{1(3)}$)

При перераспределении обжатий в гладких вертикальных валках по отдельным проходам (рис. 2) наименьшая эффективность редуцирования отмечена при равномерном распределении обжатий в двух (0,5) и трех (0,33) проходах, причем степень уменьшения выше при редуцировании широких слябов.

Графики на рис. 1 и рис. 2 описываются следующими зависимостями:

$$\eta = 0,255B - 0,0157B/H + 0,341K_{\text{кал}} + 0,706 \sum \Delta B_i / B - 0,0647 \sum \Delta B_i / B_{\text{ср}}; \quad (2)$$

$$\eta_{1(2)} = 114 - 13,5B/H - 56,0 \frac{\Delta B_1}{\sum_1 \Delta B_i} + 0,800 (B/H)^2 + 54,2 \left(\frac{\Delta B_1}{\sum_1 \Delta B_i} \right)^2; \quad (3)$$

$$\eta_{1(3)} = 57,9 - 1,23B/H - 29,2 \frac{\Delta B_1}{\sum_1 \Delta B_i} + 0,347 (B/H)^2 + 39,1 \left(\frac{\Delta B_1}{\sum_1 \Delta B_i} \right)^2. \quad (4)$$

Полученные зависимости (2–4) адекватны, средняя ошибка аппроксимации составляет 10,8–14,5 %, а коэффициент множественной корреляции 0,92–0,95.

ВЫВОДЫ

Эффективность редуцирования слябов при многократном обжатии в вертикальных гладких и калиброванных валках понижается с увеличением числа последовательных проходов, ширины слябов, выпуска ящичного калибра и при уменьшении глубины ручья калибра.

Наименьшая эффективность обжатия по ширине раската наблюдается при равномерном распределении обжатий между смежными проходами в вертикальных валках.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бровман М. Я. *Усовершенствование технологии прокатки толстых листов* / М. Я. Бровман, Б. Ю. Зеличенко, А. И. Герцев. – М. : Металлургия, 1969. – 256 с.
2. Шевцов В. К. *Некоторые особенности расчета параметров прокатки в универсальной клетке широкополосного стана* / В. К. Шевцов, Е. А. Руденко, Ю. В. Коновалов. – М. : Металлургия, 1990. – С. 31–34.
3. 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. : Металлургия, 1986. – С. 115–118.
4. Корохов В. Г. *Осевая вытяжка при редуцировании сляба в реверсивной универсальной клетке* / 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 20.01.2012 г.