

УДК 621.771.22

Карнаушенко Н.А.<sup>1</sup>, Радусhev А.А.

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ВНЕКОНТАКТНОГО ОБЖАТИЯ И УТЯЖКИ ПРИ РЕДУЦИРОВАНИИ НЕПРЕРЫВНОЛИТЫХ ЗАГОТОВОК**

*Исследовано явление внеконтактного обжатия и утяжки при редуцировании непрерывнолитых заготовок в глубоких калибрах и на слябинге. Внеконтактное обжатие и утяжка раскатов с наплывами у кромок зависит от степени неравномерности обжатия последних в горизонтальных валках. Для получения бездефектных катаных слябов обжатие в горизонтальных валках должно быть не менее 10 мм.*

Редуцирование непрерывнолитых заготовок чаще всего производится в глубоких калибрах [1-5]. При этом основная деформация происходит в вертикальных валках. При обжатии в глубоких калибрах максимальное обжатие ограничивается, как правило, только условиями захвата и не ограничивается устойчивостью полосы. В этом случае происходит ограниченное уширение заготовок у кромок, величина которого зависит от формы калибра, степени защемления полосы в нем и абсолютного обжатия. В осевой зоне раскатов с отношением ширины к толщине 4 и более происходит утяжка.

Особенностью процесса редуцирования в глубоких калибрах является то, что вследствие необходимости повторения обжатий в одном калибре толщина раската должна сохраняться почти постоянной до получения конечной ширины. Поэтому в горизонтальных валках полоса только проглаживается для снятия наплывов. На реверсивных станах с универсальными рабочими клетями лучше всего проглаживание производить после двух обжатий вертикальными валками.

При проглаживании степень неравномерности высотной деформации по ширине незначительна. Наплывы на широких гранях не только небольшие по высоте, но и расположены на некотором расстоянии от кромок. В результате уширение оказывается небольшим и тем меньше, чем больше было защемление раската при ребровом обжатии. Также незначительной является дальнейшая утяжка в осевой зоне раскатов.

Ранее [6] было выполнено исследование деформации непрерывнолитых заготовок на свинцовых моделях. Образцы с исходными сечениями (15,7... 19,7)х94 мм обжимались в ребровом калибре глубиной  $2h_p = 30$  мм с шириной по дну ручьев 17,2 мм с тройным выпуском 10, 20 и 25 % и катающим диаметром 60 мм. По дну калибра была нанесена накатка. За счет различной толщины образцов изменялась степень защемления полос в калибре. Обжатие в калибре осуществляли за один проход 7,5 - 8 мм и за два прохода до 16 мм.

На рисунке 1 а приведены обводки полосы сечением 18,07х93,34 мм, той же полосы после обжатия вертикальными валками в калибре до 77,37 мм и проглаживании в горизонтальных валках до  $h = 18,0$  мм. Уширение при проглаживании составило  $78,26 - 77,37 = 0,89$  мм или 5,6 % от обжатия вертикальными валками. Утяжка по оси полосы составила только 0,05 мм.

Вследствие возможности осуществления интенсивного обжатия в калибровочных валках и малому уширению при проглаживании, глубокое редуцирование по ширине можно осуществлять с минимальным числом проходов, при высоких температурах и без значительной утяжки по толщине.

В случае редуцирования заготовок на слябинге с гладкими вертикальными валками обжатие за проход ограничивается устойчивостью раската и при диаметре валков 900 мм должно быть менее 70 мм. Наплывы на широких гранях в этом случае имеют значительно

<sup>1</sup> ПГТУ, канд. техн наук, проф.

<sup>2</sup> ПГТУ, аспирант

большую высоту и располагаются непосредственно у кромок. Происходит значительная утяжка толщины раската в осевых зонах.

Отличие между редуцированием в глубоких калибрах и редуцированием гладкими валками заключается в том, что в последней случае происходит попеременное обжатие вертикальными валками по ширине и горизонтальными по толщине не только для снятия наплывов, но и для уменьшения толщины.

При получении самых узких катаных слябов требуется большое обжатие по ширине и, следовательно, много проходов.

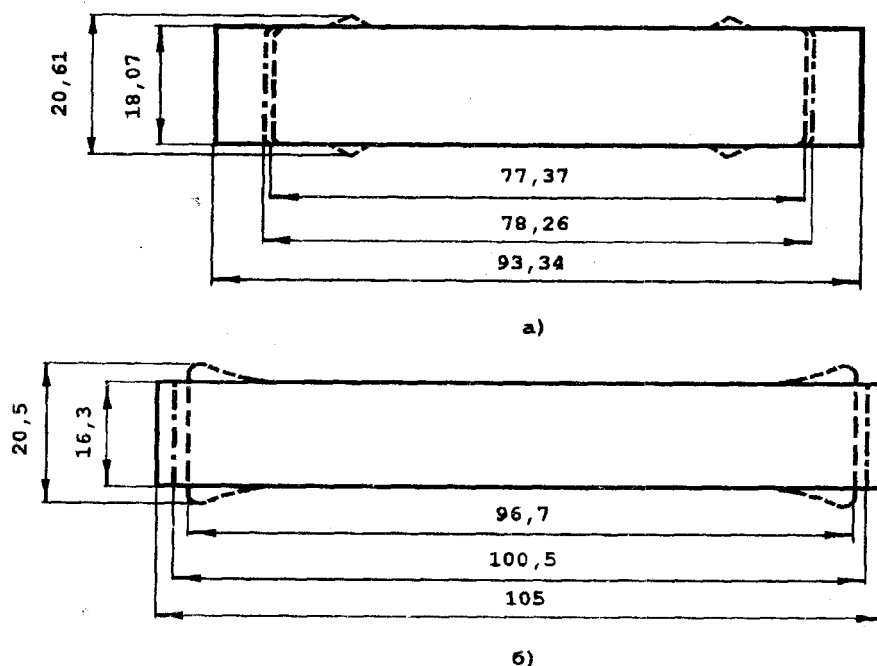


Рис. 1 — Обводки поперечного сечения образцов при прокатке в глубоких калибрах (а) и на гладкой бочке (б).

Так для получения слябов сечением 170 x 1050 мм из заготовки сечением 250 x 1550 мм необходимо 17 проходов в вертикальных валках на слябинге\*. Поэтому возникает проблема, как распределить обжатие горизонтальными валками, сумма которого незначительна:  $250 - 170 = 80$  мм. Это связано с тем, что при обжатии по толщине горизонтальными валками раскатов после гладких вертикальных валков неравномерность деформации значительно выше, чем у полос обжатых в глубоких калибрах. Это приводит к значительно большему уширению составляющему почти половину предыдущего обжатия в вертикальных валках и дополнительному уменьшению толщины в осевой зоне.

Уменьшение толщины в осевой зоне происходит за счет двух явлений, а именно вне-контактного обжатия и дополнительной утяжки, оно будет тем больше, чем более выражена неравномерность обжатия по толщине.

На рисунке 1,6 приведены обводки поперечного сечения образца 16,3x105 мм обжатого за два прохода вертикальными валками на 8,3 мм, т.е. до ширины 96,7 мм и с последующим обжатием горизонтальными валками до  $B=16$  мм.

Ширина после горизонтальных валков составила 100,5 мм, т.е. уширение равно 3,8 мм или 46 % от обжатия вертикальными валками. Обжатие по толщине производится только в проходах, в которых обжимаются наплывы, то есть для слябинга 1150 меткомбината имени Ильича в четных проходах.

\* Режимы обжатий патентуются.

Были разработаны два режима обжати<sup>^</sup> горизонтальными валками, в первом случае обжатие в большинстве четных проходов было равно 5 мм с повышенным обжатием в последних проходах. Такой режим обеспечивает минимальное суммарное время прокатки и повышенную температуру конца прокатки. Однако при обжатии горизонтальными валками в 5 мм неравномерность деформации возрастает и в отдельных случаях могут возникать разрывы на средней части верхней широкой грани раскатов .

Во втором случае обжатие в большинстве проходов выдерживалось на уровне 10 мм. Ставилась задача выяснить какое влияние оказывает обжатие горизонтальными валками на утяжку и определить режим обжати<sup>^</sup>, при котором утяжка отсутствует или она незначительна.

С целью изучения процесса утяжки на лабораторном слябинге редуцировали 2 образца сечением 16,7x105 мм. Масштаб моделирования 1:15. Материал образцов - катаный свинец, измерения ширины проводились при помощи штангенциркуля с точностью 0,05 мм, измерения толщины - микрометром, точность измерения 0,01 мм. Образец № 1 в большинстве горизонтальных проходов прокатывался с обжатием 5 мм для натуре, образец № 2 с обжатием 10 мм. Во избежание потери устойчивости раската обжатие в вертикальных валках ограничено

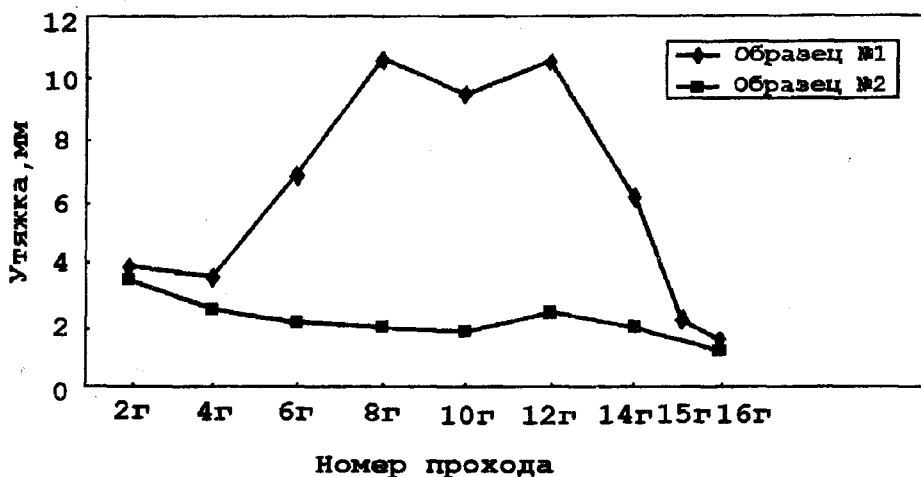


Рис. 2 - График зависимости величины утяжки от номера прохода.

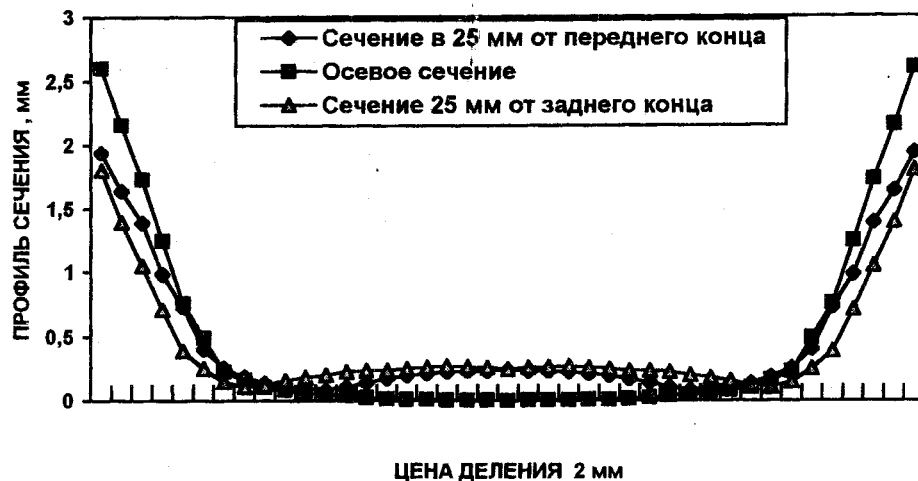
4 мм (60 мм для натуре), то есть осевая зона практически не обжимается, в отличие от прокатки в глубоких калибрах. После каждого прохода измеряли толщину раската в осевом сечении и у кромок. Разность между толщиной раската у кромок и минимальной толщиной по оси дает величину утяжки:

$$U = h_k - h_m,$$

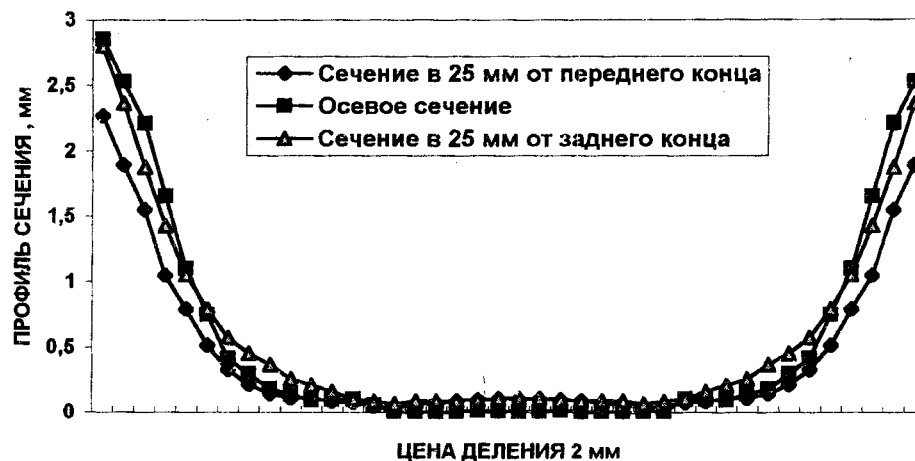
где  $h_k$  - толщина раската у кромок;

$h_m$  - минимальная толщина раската в зоне утяжки.

По полученным результатам были построены графические зависимости величины утяжки от номера горизонтального прохода (рис. 2). Согласно графику, при  $\Delta h_{\Gamma} = 5$  мм начиная с 4 прохода утяжка увеличивается, достигая максимума в 8-12 проходах, затем снижается, так как обжатие горизонтальными валками увеличивается. При  $\Delta h_{\Gamma} = 10$  мм начиная со второго прохода утяжка постепенно снижается.



а)



б)

Рис. 3 – Профиль широкой грани в поперечных сечениях образцов  
а) – образец № 1, б) – образец № 2

Представляет определенный интерес расположение и размеры зоны утяжки в продольном и поперечном сечениях образцов. С этой целью образец № 1 после проходов 8в, 8г и 14в, а образец № 2 - 8в и 14г обмеряли по продольному осевому сечению через каждые 10 мм (первое сечение от края - 5 мм), а также индикатором с точностью 0,01 мм определяли профиль поверхности в 9 - 11 поперечных сечениях. На рисунке 3 представлены профили поперечного сечения образцов после восьмого вертикального прохода. Видно, что на переднем и заднем концах образцов утяжка практически отсутствует, наибольшая величина утяжки наблюдается примерно посередине образцов. Передний конец раската в осевом сечении имеет некоторую выпуклость, что особенно заметно у образца № 1. Это связано с неравномерностью деформации при прокатке в вертикальных валках. При неустановившемся процессе прокатки передний конец получает некоторое заужение и обжимается по ширине У заднего конца раската это явление выражено значительно слабее.

На рисунке 4 представлены эскизы образца № 1 после обжатия в 7в и 8г проходах. Видно, что на участках неустановившегося процесса прокатки, прилегающих к передним и задним концам утяжка отсутствует.

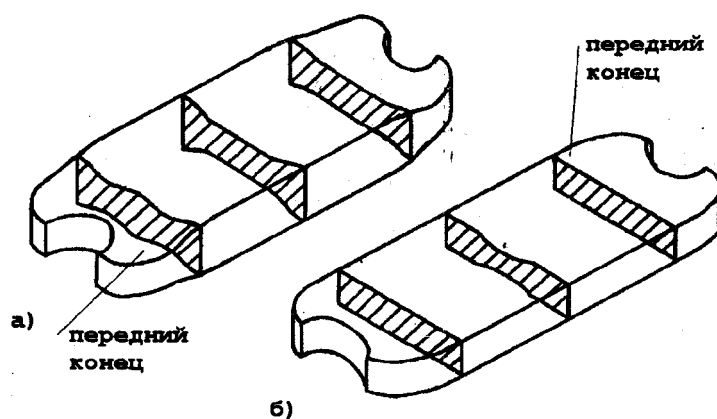


Рис. 4 - Общий вид образцов после обжатия в вертикальных (а) и горизонтальных (б) валках.

Таким образом, для уменьшения растягивающих напряжений часга раскатов и предупреждения разрывов при редуцировании заготовок на слябинге, режим обжатий желательнее строить так, чтобы обжатие горизонтальными валками в проходах, когда обжимается раскат с напльвами на широких гранях, было не менее 10 мм.

#### Выводы

- Внеконтактное обжатие и утяжка развиваются только на средней части длины образцов соответствующей установившемуся процессу прокатки. Это приводит к образованию в средней части широких граней закрытых лунок шириной 0,5... 0,3 ширины и длиной 0,8 длины раската.

- При обжатии горизонтальными валками для снятия напльвов не более 5 мм глубина лунки может достигать до 5 мм. Образовавшаяся лунка на верхней поверхности заполняется водой, что приводит к интенсивному охлаждению поверхностных слоев металла, и, в конечном итоге к появлению разрывов. То, что основное влияние на появление разрывов оказывает охлаждение поверхности раскатов водой, находящейся в закрытой лунке, подтверждается тем, что на нижней поверхности не отмечено ни одного случая разрывов, хотя здесь металл подвергался такой же утяжке.

- При обжатии горизонтальными валками в 10 мм раскат в осевой зоне не обжимается, но толщина его уменьшается примерно на 10 мм за счет внеконтактного обжатия и утяжки, а глубина лунки составляет не более 1 мм. При обжатии за проход на 15 мм и более обжатие происходит по всей поверхности раската.

#### Перечень ссылок

1. Чижиков Ю.М. Редуцирование и прокатка металла непрерывной разливки,- М.: Металлургия, 1974,- 385 с.
2. Антоненко В.Г., Миллер В.В., Остапенко В.М. Уменьшение расхода металла при производстве толстых листов из калиброванных слябов на реверсивных станах // Производство листа: Темат. отрасл. сб. МЧМ СССР,- М., 1973,- № 2,- С.39 - 43.
3. Технологи процессов прокатки и волочения. Листопрокатное производство: Учебник / М.М.Сафьян, В.Л.Мазур, А.М.Сафьян, А.И.Молчанов,- К.: Вища школа, 1988. - 351с.
4. Горбанев Н.И., Оратовский Е.Л., Сафонова М.К. Повышение выхода годного при производстве горячекатаного листового проката//Черная металлургия. Бюл. НТИ, 1986,- № 9 С.2 - 13.
5. Чекмарев А.П., Сафьян М.М., Холодный В.Т. Утяжка при прокатке полос с неравномерным обжатием // Изв. вузов, Черн.металлургия. - 1969,- № 4,- С.77-82.
6. Карнаушенко Н.А., Савченко А.М., Капустина М.И. и др. Влияние формы калибра вертикальных валков на энергосиловые параметры и деформацию при редуцировании слябов // Производство листа: Темат. отрасл. сб. МЧМ СССР,- М., 1973,- № 2,- С.47-54.

**Карнаушенко Нил Андреевич.** Канд. техн. наук, поч. проф. кафедры обработки металлов давлением, окончил Ждановский металлургический институт в 1953 году. Основные направления научных исследований - совершенствование процессов прокатки на обжимных и листопрокатных станах; снижение расхода металла и повышение качества проката.

**Радушев Алексей Александрович.** Аспирант кафедры обработки металлов давлением, окончил Приазовский государственный технический университет в 1995 году. Основные направления научных исследований - совершенствование процессов прокатки на обжимных и листопрокатных станах; снижение расхода металла и повышение качества проката.