

УДК 621.771.01.001.5

*Ф.Е. Долженков, В.П. Годсков, Ю.В. Полторапавло (Донниичермет)*

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КЛЕТИ С ВЕРТИКАЛЬНЫМИ ВАЛКАМИ

Исследование эффективности клетки с вертикальными валками стана 3600 Ждановского завода "Азовсталь" показало, что она уменьшается при дальнейшей прокатке в горизонтальных валках с небольшими обжатиями. При дальнейшем росте обжатий в горизонтальных валках эффективность использования клетки с вертикальными валками увеличивается [ 1 ].

Для объяснения этого явления и уточнения роли вертикальных валков в формообразовании раската при прокатке толстых листов на лабораторном стане провели прокатку свинцовых образцов размерами  $H \times B \times L = 25 \times 100 \times 150$  мм. Диаметр горизонтальных валков 72, вертикальных 100 мм.

В первой серии опытов образцы прокатывали в клетки с вертикальными валками с обжатиями  $\Delta h_B = 2$  мм ( $\varepsilon_B = 2\%$ ); 4 мм ( $\varepsilon_B = 4\%$ ), 6 мм ( $\varepsilon_B = 6\%$ ) и затем в клетки с горизонтальными валками с обжатиями  $\Delta h_T = 0$  ( $\varepsilon_T = 0$  проглаживающий пропуск), 2 мм ( $\varepsilon_T = 8\%$ ), 4 мм ( $\varepsilon_T = 16\%$ ). После прокатки в обеих клетях образцы измеряли и находили изменение ширины.

$$\Delta b = B' - B_2 \quad (1)$$

где  $B'$  — ширина образца после прокатки в вертикальных валках, мм;  $B_2$  — ширина образца после прокатки в вертикальных и горизонтальных валках, мм.

Эффективность вертикальных валков рассчитывали по формуле [ 1 ]

$$\eta = (1 - \Delta b / \Delta h_B) 100\% . \quad (2)$$

Это выражение отличается от предложенной в работе [ 2 ] формулы для определения эффективности вертикальных валков тем, что в нем фигурирует суммарное уширение в горизонтальных валках (естественное и от обжатия наплывов, образованных при прокатке в вертикальных валках). Применение в работе [ 2 ] принципа суперпозиции вызывает сомнение, так как при этом не учитывается зависимость естественного уширения раската от поперечного подпора при обжатии прикромочных наплывов. О существовании такого подпора подтверждают данные работы [ 3 ].

Результаты прокатки показывают, что зависимость  $\eta$  от степени деформации в горизонтальных валках в диапазоне малых обжатий ( $\varepsilon_T = 0 \dots 8\%$ ) нелинейна и имеет минимум при  $\varepsilon_T = 4\%$ . При дальнейшем, увеличении  $\varepsilon_T$  происходит повышение эффективности вертикальных валков. Это подтверждает результаты работы [ 1 ], полученные на промышленном стане.

Во второй серии опытов исследовали влияние дробности обжатия в вертикальных валках на их эффективность. Образцы прокатывали в вертикальных валках с суммарным обжатием  $\Sigma \Delta h_B = 6$  мм ( $\epsilon_B = 6$  %) за 1-4 пропуска с равными обжатиями в каждом пропуске и затем в горизонтальных валках с обжатиями  $\Delta h_T = 0; 0,5; 1; 1,5; 2$  мм ( $\epsilon_T = 0; 2\%; 4\%; 6\%; 8\%$ ). Результаты экспериментов приведены на рис. 1.

Наибольшая эффективность получена при максимальных единичных обжатиях раската в клети с вертикальными валками, при увеличении дробности обжатия в вертикальных валках  $\eta$  уменьшается. В области небольших обжатий в горизонтальных валках  $\eta$  интенсивно уменьшается при  $0 < \Delta h_T < 1,0$  мм, а затем возрастает с увеличением  $h_T$ .

Это можно объяснить следующим. При проглаживающем пропуске после вертикальных валков, когда на широких гранях раската обжимаются лишь наплывы от обжатий в вертикальных валках, в центральной по ширине необжимаемой зоне раската возникают растягивающие напряжения, уменьшающие величину объема металла, идущего на уширение.

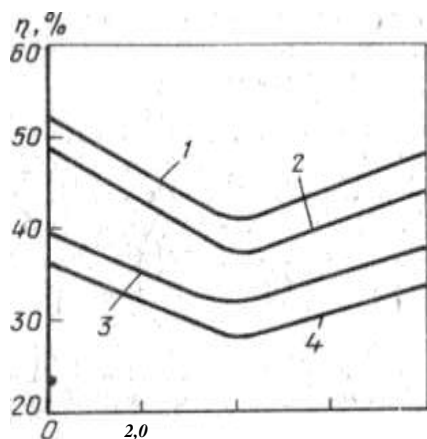


Рис. 1. Зависимость  $\eta$  от  $\epsilon_T$  при одинаковом обжатии в вертикальных валках за 1 (1), 2 (2), 3 (3) и 4 (4) пропусков

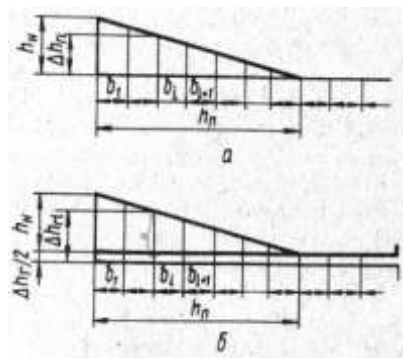


Рис. 2. Схема для определения величины обжатия в горизонтальных валках элементарных ячеек на широких гранях при проглаживающем пропуске (а) и при обжатиях, отличных от нуля (б)

Приведенное объяснение подтверждают также результаты прокатки свинцовых образцов с нанесенной на широкие грани координатной сеткой размерами 3x3 мм. Сетку наносили на переднем и заднем концах раската и посередине образца. После прокатки в вертикальных валках с фактическим обжатием  $\Delta h_B = 5,5$  мм величину наплывов  $h_n$  на широких гранях и глубину

проникновения интенсивной пластической деформации  $h_{\text{п}}$  измеряли по методике, изложенной в работе [4]. Размеры ячеек после прокатки определяли на измерительном микроскопе. На каждой ячейке определяли величину обжатия при прокатке в горизонтальных валках по схеме, приведенной на рис. 2, принимая, что поперечное сечение наплыва от вертикального валка на широкой грани образца имеет форму прямоугольного треугольника с высотой, равной  $h_{\text{п}}$  и основанием  $h_{\text{п}}$ .

При проглаживающем пропуске величина элементарного обжатия ячейки  $\Delta h_{\text{Г}i}$  равна:

$$\Delta h_{\text{Г}i} = (h_{\text{п}} - \sum_1^i b_i) h_{\text{п}} / h_{\text{п}} \quad (3)$$

где  $\Delta h_{\text{Г}i}$  - расстояние от кромки образца до  $i$ -той ячейки.

При прокатке в горизонтальных валках с обжатием  $\Delta h_{\text{Г}}$ , отличным от нуля, величина элементарного обжатия в  $i$ -той ячейке равна

$$\Delta h_{\text{Г}i} = (h_{\text{п}} - \sum_1^i b_i) h_{\text{п}} / h_{\text{п}} + \Delta h_{\text{Г}} / 2. \quad (4)$$

Средняя величина элементарного обжатия  $i$ -той ячейки равна

$$\Delta h_{\text{Г}i\text{ср}} = (\Delta h_{\text{Г}i} + \Delta h_{\text{Г}i-1}) / 2 \quad (5)$$

После измерения элементарных ячеек образцы прокатывали в горизонтальных валках с обжатием  $\Delta h_{\text{Г}} = 0; 0,7; 1,5; 3$  мм, ячейки повторно измеряли и находили уширение каждой элементарной ячейки  $\Delta b_i$

$$\Delta b_i = b_{\text{к}i} - b_{\text{в}i} \quad (6)$$

где  $b_{\text{к}i}$  - конечная ширина  $i$ -той ячейки после прокатки в вертикальных и горизонтальных валках;  $b_{\text{в}i}$  — ширина  $i$ -той ячейки после прокатки в вертикальных валках.

Распределение показателя уширения  $\Delta b_i / \Delta h_i$  по ширине образца при различных обжатиях в горизонтальных валках показано на рис. 3. Анализ результатов прокатки показывает, что при проглаживающем пропуске показатель уширения уменьшается при удалении от <sup>1</sup> кромки образца и становится равным нулю еще до границы зоны проникновения интенсивной пластической деформации от одного вертикального валка. В центральных (по ширине образца) элементарных ячейках (необжимаемых) развивается значительная утяжка, свидетельствующая о возникновении растягивающих продольных напряжений.

Часть металла при этом идет в продольную вытяжку, уменьшая долю металла, идущую на уширение.

При обжатиях в горизонтальных валках растягивающие напряжения в ячейках, расположенных вне зоны проникновения интенсивной пластической деформации, "уменьшаются и становятся равными нулю при  $\Delta h_r = 1,5$  мм ( $\epsilon_r = 6,5$  %, см. рис., кривая 3).

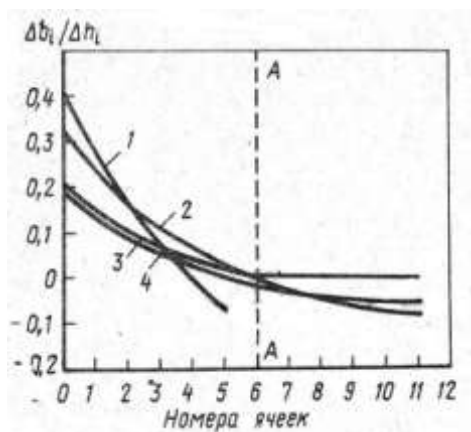


Рис. 3. Распределение показателя уширения по ширине раската при различных обжатиях в горизонтальных валках образцов с наплывами на широких гранях после вертикальных валков:  
 1 -  $\Delta h_r = 0$ ; 2 -  $\Delta h_r = 0,7$  мм ( $\epsilon_r = 3$  %); 3 -  $\Delta h_r = 1,5$  мм ( $\epsilon_r = 6,5$  %); 4 -  $\Delta h_r = 3$  мм ( $\epsilon_r = 13$  %). (A-A - граница проникновения интенсивной пластической деформации)

При дальнейшем увеличении  $\Delta h_r$  (до  $\epsilon_r = 13$  %, см. рис., кривая 4), когда  $\Delta h_r$  становится соизмеримым или равным высоте наплывов показатель уширения уменьшается более интенсивно и становится равным нулю до границы зоны проникновения деформации. Это обуславливает уменьшение уширения при повышении обжатия в горизонтальных валках после вертикальных и повышение коэффициента эффективности вертикальных валков.

Приведенные исследования положены в основу разработки технологии прокатки толстых листов и плит с катаной кромкой, на толстолистовых станах, имеющих клетки с вертикальными валками. Разработаны режимы обжатий, в которых для получения более точной ширины листов и плит рекомендуется вести прокатку в вертикальных валках с возможно меньшей дробностью обжатий, снимая уширение за один пропуск. Обжатия в горизонтальных валках, после вертикальных должны находиться за областью снижения эффективности вертикальных валков. После последнего пропуска в вертикальных валках должен следовать проглаживающий пропуск в горизонтальных.

#### Библиографический список

- 1, Полторапавло Ю.В., Годсков В.П., Корохов В.Г. и др. - "Производство толстолистовой стали". Сб. 2. Донецк, Доншичер-мет, 1977 (МЧМ СССР), с. 98-101.
2. Бровман М.Я., Зеличенко Б.Ю., Герцев А.И. Усовершенствование технологии прокатки толстых листов. М., "Металлургия", 1969. 256 с. с ил.

3. *Чекмарев А.П. - В кн.: Листопрокатное производство. М., Metallurgizdat, 1960, с. 32-48.*
4. *Одинокоев Ю.И., Шкловский В.Я., Потанин В.Ф. -"Изв.вуз.. Черная металлургия", 1970, № 2, с. 87—90.\_*