

СПОСОБЫ УМЕНЬШЕНИЯ ПРОДОЛЬНОЙ РАЗНОТОЛЩИННОСТИ ПОЛОС НА ШСГП

Николаев В.А., Матюшенко Д.А.

(Запорожская государственная инженерная академия, г. Запорожье)

Рассмотрено влияние на продольную разнотолщинность длины подвергаемого дополнительной деформации заднего конца полосы, а также влияние коэффициента трения при прокатке заднего утолщенного конца.

Точность продольного профиля полос прокатываемых на существующих ШСГП зависит от постоянства условий процесса прокатки. Любые изменения технологических параметров приводит к изменению величины усилия прокатки, межвалкового зазора и толщины полосы по длине.

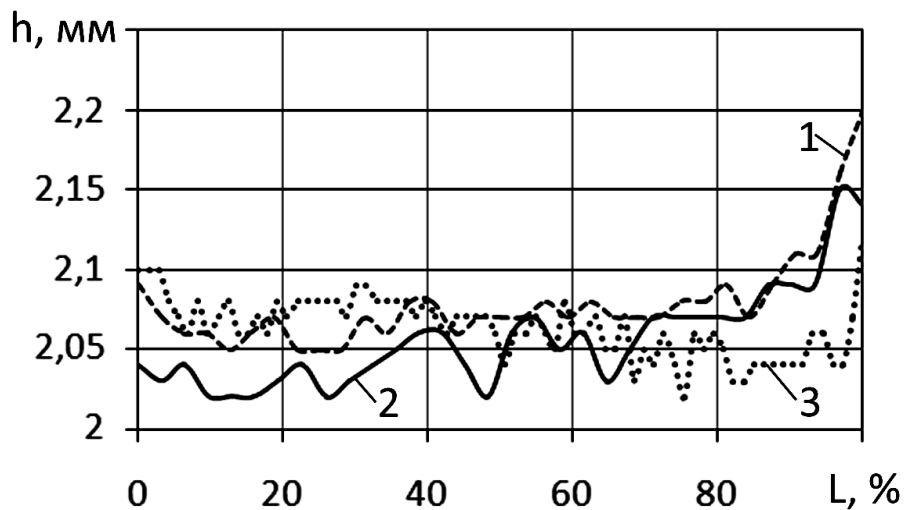


Рисунок 1 – Результаты замеров толщины готовых полос: 1 – полоса прокатана из головного сляба; 2 – полоса прокатана из донного сляба; 3 – прокатка с применением ППУ (сляб двойной длины)

Для повышения продольной точности полос применяются различные системы автоматического регулирования, технологические методы и устройства, позволяющие в определенной степени уменьшить продольную разнотолщинность. Однако полностью устранить негативное влияние температурного перепада по длине прокатываемой полосы, а также отсутствия при прокатке концов полосы полного натяжения не представляется возможным. Вследствие этого толщина заднего конца полосы оказывается на $\delta h_{\text{п}} = 0,05-0,25$ мм больше номинальной толщины ($\delta h_{\text{п}}$ – продольная разно-

толщинность). Продольная разнотолщинность на остальных локальных участках (передний конец полосы, участок глиссажных меток, колебания температуры и механических свойств металла, биение валков) существенно меньшая ($\delta h_{\text{п}} = 0,02-0,12$ мм).

Целью исследования являлась разработка новой математической модели процесса формирования толщины по длине полосы, совершенствование режима деформации и технологического процесса прокатки широкополосной стали для снижения продольной разнотолщинности с использованием компьютерного моделирования процесса.

На рис. 1. показаны данные замеров толщин полос прокатанных по различным способам (1,2 – прокатка без использования ППУ, 1 – полоса из головного сляба; 2 – полоса из донного сляба; 3 – прокатка с применением ППУ «Coil-box»). Характер изменения толщины связан с направлением температурного перепада по длине полосы. Из рис. 1 также видно, что применение ППУ полностью не устраняют продольную разнотолщинность полосы.

Продольная разнотолщинность полос и листов – есть разница между толщиной полосы на утолщенном участке ($h_{\text{к}}$) и номинальной (минимальной) фактической толщиной ($h_{\text{н}}$) (рис. 2)

$$\delta h = h_{\text{к}} - h_{\text{н}}. \quad (1)$$

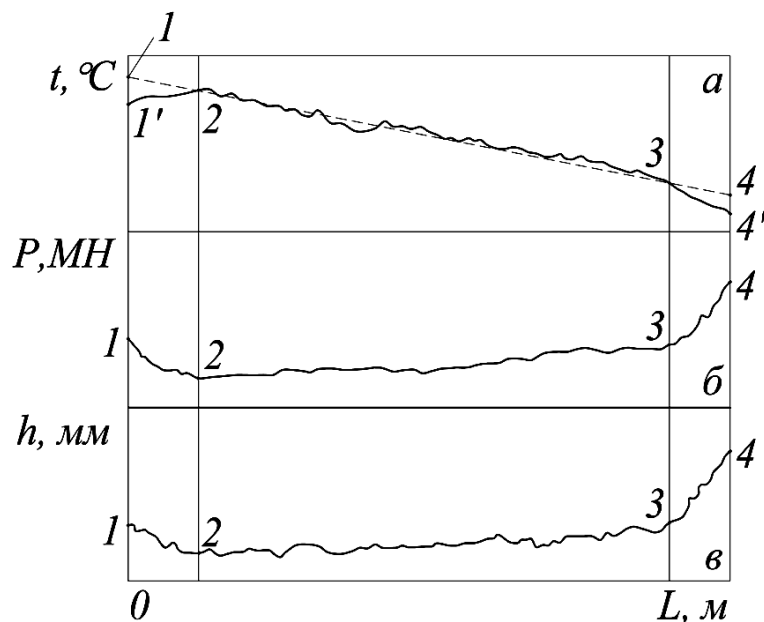


Рисунок 2 – Изменение температуры (а), усилия прокатки (б) и толщины (в) по длине полосы

Температурный режим прокатки рассчитан с использованием рекомендаций из работ [1-3], усилия прокатки, крутящего момента и мощности

прокатки рассчитаны по моделям [4, 5], а продольная разнотолщинность полос определена с использованием зависимостей [6-9].

При теоретическом расчете продольной разнотолщинности полосы необходимо учитывать, что по ее длине одновременно изменяются толщина, температура, усилие прокатки и модуль жесткости полосы. Определение фактических (расчетных) значений параметров прокатки на участках 1, 3, 4 осуществляется путем использования итерационного процесса, относительно номинальной толщины на участке 2 переднего конца полосы (рис 2).

Приращение толщины полосы на участках 1, 3, 4 определяется, по выражению [9]

$$\delta h_i = \frac{P_i - P_2}{M_k + \delta M_{\pi}}, \quad (2)$$

где M_{π} – модуль жесткости полосы.

Параметр δM_{π} определяют из выражения

$$\delta M_{\pi} = M_{\pi i} - M_{\pi 2}, \quad (3)$$

где $M_{\pi 2}$ и $M_{\pi i}$ – модули жесткости полосы на участке 2 и любом другом участке длины полосы.

При теоретическом расчете усилие P_i и параметр δh_i определяют путем итерирования выражения (2). В первой итерации параметр P_i рассчитывается исходя из номинального значения толщины полосы h_2 . В каждой последующей итерации толщина h'_i увеличивается на значение параметра $\delta h'_i$, полученного в предыдущей итерации. Расчет производили до тех пор, пока разность между параметрами $\delta h_i'^n$ и $\delta h_i'^{n-1}$ оказывалась равной $\Delta = \pm 0,003$ мм. После этого переходили к расчету следующей клетки.

Используя вышеописанную модель, для условий прокатки полосы 2x1250 мм из одинарных слябов на ШСГП 1680 ОАО МК «Запорожсталь», рассмотрено влияние на продольную разнотолщинность:

- длины заднего концевого участка подвергнутого дополнительному обжатию;
- уменьшения коэффициента трения при прокатке заднего утолщенного конца.

Скорость перемещения механических нажимных устройств, применяемых на данном стане составляет 0,13 мм/с при холостом движении и 0,07 мм/с при движении под нагрузкой. На стане применяют дополнительное обжатие заднего концевого участка по жесткой программе (по продуктиму): клеть №6 $S_{d6} = 0,22$ мм; клеть №7 $S_{d7} = 0,34$ мм; $S_{d8} = 0,27$ мм; $S_{d9} = 0,18$ мм. Это перемещение нажимных устройств явно недостаточно для устранения продольной разнотолщинности. Ввиду того, что величина дополнительного обжатия на данном стане ограничена низкой скоростью перемещения нажимных винтов, дополнительное обжатие следует выполнять

на большей длине заднего конца полосы по сравнению с существующим режимом.

На рис. 3. представлены расчетные данные по исследованию длины дополнительно обжимаемого участка заднего конца раската на продольную разнотолщинность на участке 4. Дополнительное обжатие выполняли на заднем конце раската в клетях №№ 5 – 9 стана. Время работы нажимных винтов, и соответственно, максимальная величина дополнительного обжатия заднего конца определялось длиной обжимаемого участка. Начало перемещения нажимных винтов выполняли при различных значениях длины $L_{д.о.}$ дополнительно обжимаемого участка. Из рис. 3 видно, что практически полное устранение продольной разнотолщинности ($\delta h_{п} / h \cong 0,005$, $\delta h_{п} = 0,011$ мм) на заднем конце наблюдается в том случае, когда дополнительное обжатие полосы начинают выполнять, начиная с середины длины раската в клетях №№5-9. В этом случае участок 4 полосы получает суммарную фактическую дополнительную деформацию в указанных клетях $\sum \Delta h_{д} = 2,58$ мм.

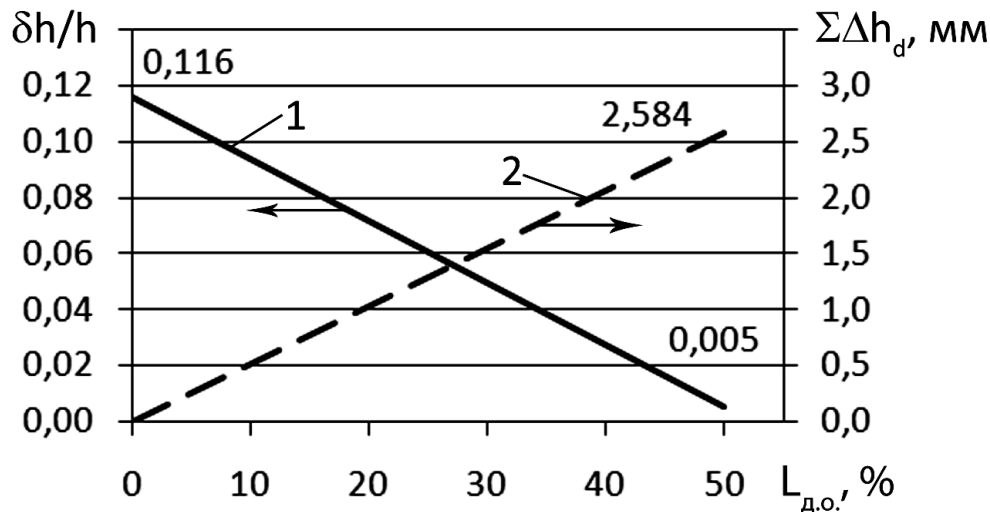


Рисунок 3 – Изменение величины $\delta h_{п} / h$ готовой полосы (1) и суммарного дополнительного обжатия $\sum \Delta h_{д}$ раската в клетях №№ 5-9 (2) от длины обжимаемого участка $L_{д.о.}$

В настоящее время на некоторых широкополосных станах горячей прокатки применяется технологическая смазка. Применение смазки снижает коэффициент трения, среднее нормальное контактное напряжение, усилие прокатки и, следовательно, межвалковый растрвор. Применение смазки в клетях №№ 7-10 при прокатке утолщенных участков полосы позволит снизить продольную разнотолщинность.

Во второй части расчета рассматривается влияние изменения коэффициента трения при прокатке заднего концевой участка 4 на продольную

разнотолщинность полосы. На рис. 4 показаны расчетные данные по изменению относительной продольной разнотолщинности готовой полосы в зависимости от коэффициента $k_{см}$ учитывающего [5] влияние на коэффициент трения типа применяемой технологической смазки. Расчетные величины параметров прокатки для базового варианта даны в таблице. В первом случае расчет производили для условий применения смазки на заднем конце полосы в трех клетях чистой группы (прямая 1), а во втором – в четырех (прямая 2).

Таблица – Основные параметры прокатки участка 2 (рис. 2) полосы 2×1250 мм из подката $H_p = 20$ мм

Параметр	Клеть 5	Клеть 6	Клеть 7	Клеть 8	Клеть 9	Клеть 10
H, мм	20,00	13,00	8,20	5,05	3,35	2,45
h, мм	13,00	8,20	5,05	3,35	2,45	2,00
Δh , мм	7,00	4,80	3,15	1,70	0,90	0,45
v, м/с	1,44	2,47	3,81	5,78	7,72	8,96
t_{cp} , °C	958	942	931	920	902	876
f	0,363	0,333	0,295	0,244	0,210	0,194
$M_{п}$, МН/мм	1,81	2,66	4,31	6,49	9,04	12,05
P, МН	14,71	14,36	14,67	11,91	8,92	6,16

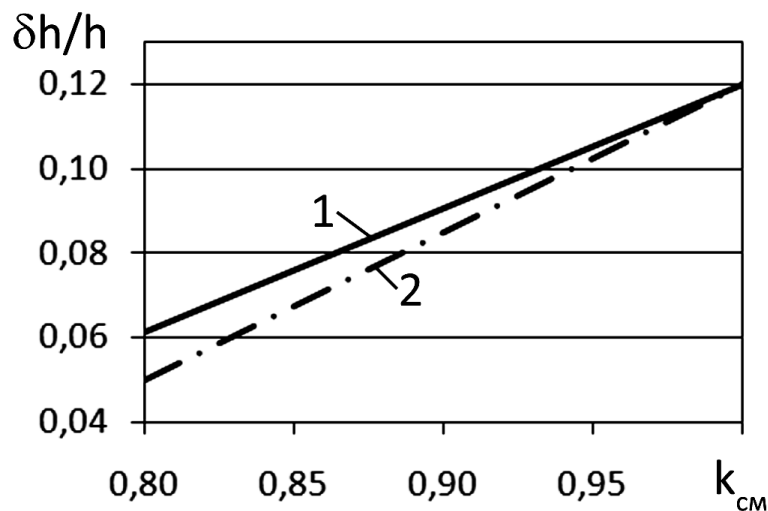


Рисунок 4 – Зависимость относительной продольной разнотолщинности готовой полосы для условий прокатки на ШСГП 1680 от коэффициента $k_{см}$ [5]: 1-при использовании смазки в клетях 8-10; 2-то же в клетях 7-10

По данным [5], если в качестве технологической смазки применяется вода коэффициент $k_{см} = 1$, продольная разнотолщинность для данного случая расчета составила $\delta h_{п} = 0,232$ мм. Для эмульсии из ПХМ (полимеризо-

ванное хлопковое масло) $k_{см} = 0,8$, продольная разнотолщинность в данном случае (при использовании смазки в клетях №№7-10 – кривая 2) составила $\delta h_{п} = 0,1$ мм.

Выводы. Рассмотрено влияние на продольную разнотолщинность длины заднего конца полосы подвергаемого дополнительной деформации. При данных условиях прокатки для устранения продольной разнотолщинности необходимо начинать выполнение дополнительного обжатия как минимум на середине длины раската в клетях №№5-9 чистовой группы стана. Продольная разнотолщинность также уменьшается при уменьшении коэффициента трения при прокатке утолщенного участка.

Литература

1. Сафьян М.М. *Прокатка широкополосной стали*. М.: Металлургия, 1969. – 460 с.
2. Коновалов Ю.В., Налча Г.И., Савранский К.Н. *Справочник прокатчика*. – М.: Металлургия, 1977. – 312 с.
3. *Настройка, стабилизация и контроль процесса тонколистовой прокатки* / Г.Г. Григорян, Ю.Д. Железнов, В.А. Черный и др. – М.: Металлургия, 1975. – 368 с.
4. Николаев В.А. *Расчет усилий при горячей прокатке* // Изв. вузов. Черная металлургия, 2005, №11. – С. 24 – 29.
5. Николаев В.А. *Теория прокатки*. – Запорожье, ЗГИА, 2007. – 228 с.
6. *Повышение точности листового проката* / И.М. Меерович, А.И. Герцев, В.С. Горелик, Э.Я. Классен. – М.: Металлургия, 1969. – 264с.
7. Ткалич К.Н., Коновалов Ю.В. *Точная прокатка тонких полос*. – М.: Металлургия, 1972. – 176 с.
8. Коновалов Ю.В. *Динамика продольной разнотолщинности горячекатаных полос в непрерывной группе клетей широкополосного стана горячей прокатки* // Листопрокатное производство. М.: Металлургия, 1975, №4. – С. 54 – 59.
9. Николаев В.А., Матюшенко Д.А. *Определение продольной разнотолщинности горячекатаных полос* // Металл и литье Украины, 2007, №8. – С. 20 – 22.

© Николаев В.А., Матюшенко Д.А. 2008