

УДК 621.771.2

Васекин А. В., Сергиенко Ю. В., Капланова Е. В., Каширина Н. Н.

ВЛИЯНИЕ ВОГНУТОСТИ ШИРОКИХ ГРАНЕЙ СЛЯБОВ НА ФОРМУ КОНЦОВ РАСКАТОВ В ПЛАНЕ ПОСЛЕ ЧЕРНОВОЙ ГРУППЫ КЛЕТЕЙ ШСГП

Важным показателем эффективности прокатки на ШСГП является величина расходного коэффициента, которая во многом определяется значением отделяемых передних и задних участков полосы. Неравномерное искажение концевых участков в плане закладывается на первом этапе прокатки (применительно к ШСГП – в группе черновых клетей стана). Полученная здесь форма концов сохраняется при дальнейшей прокатке в чистовой непрерывной группе клетей и определяет величину концевой обрезки. Длины обрезаемых концевых участков прямо связаны с величинами стрел изгиба концов в плане $f_{u.n.}$ и $f_{u.z.}$ и, в меньшей степени, с протяженностью концевых участков веерообразного расширения или сужения (рис. 1). Таким образом, о потерях металла с концевой обрезью можно судить по величине:

$$l_z = l - f_{u.n.} - f_{u.z.} \quad (1)$$

Естественно стремление получить раскат такой формы, чтобы:

$$\left. \begin{array}{l} |f_{u.n.}| \rightarrow \min, \\ |f_{u.z.}| \rightarrow \min \end{array} \right\} \quad (2)$$

Значения по модулю в (2) приведены для того, чтобы подчеркнуть возможную различную форму изгиба конца (выпуклая или вогнутая) в плане. Она может определяться степенью воздействия горизонтальных и вертикальных валков, а также формой поперечного сечения исходного сляба. При прокатке сляба прямоугольного, а тем более выпуклого сечения без воздействия вертикальных валков, и передний, и задний концы раската приобретут форму в плане, аналогичную показанной на рис. 1, а. При прокатке слябов с вогнутым поперечным сечением, вид обоих концов будет примерно таким, как на рис. 1, б.

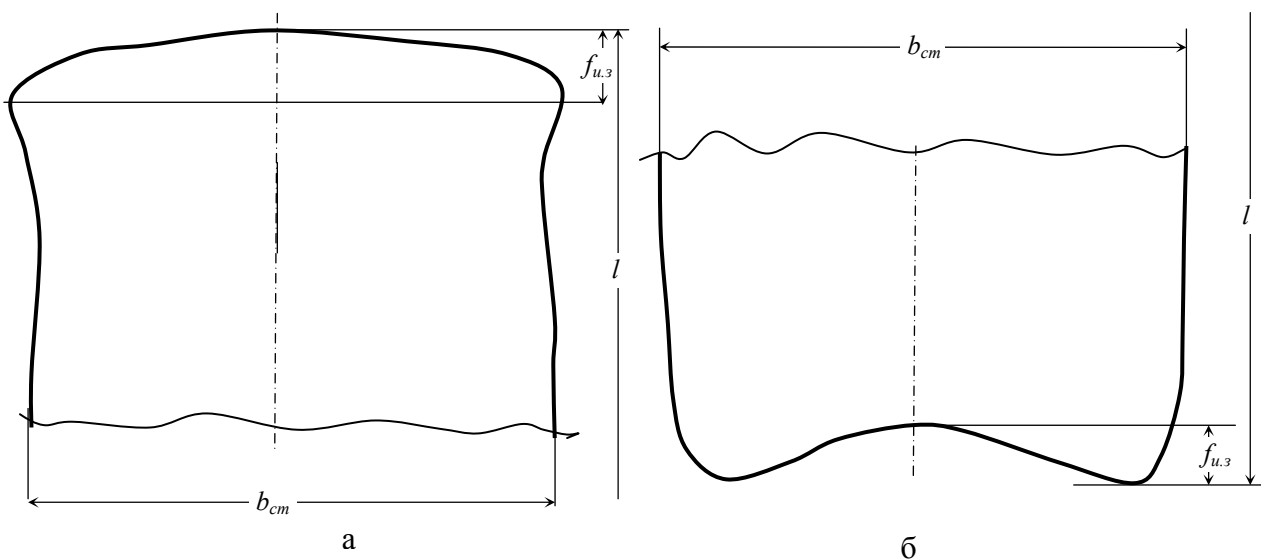


Рис. 1. Вид горячекатаной широкой полосы в плане с основными размерами:
а – передний по ходу прокатки конец с веерообразным расширением; б – задний по ходу прокатки конец с утяжкой ширины

Существует ряд исследований, посвященных изучению влияния формы поперечного сечения на искажение концевых участков в плане. Так, в [1] приведен довольно подробный анализ формы поперечного сечения непрерывнолитых слябов, некоторые из них показаны на рис 2.

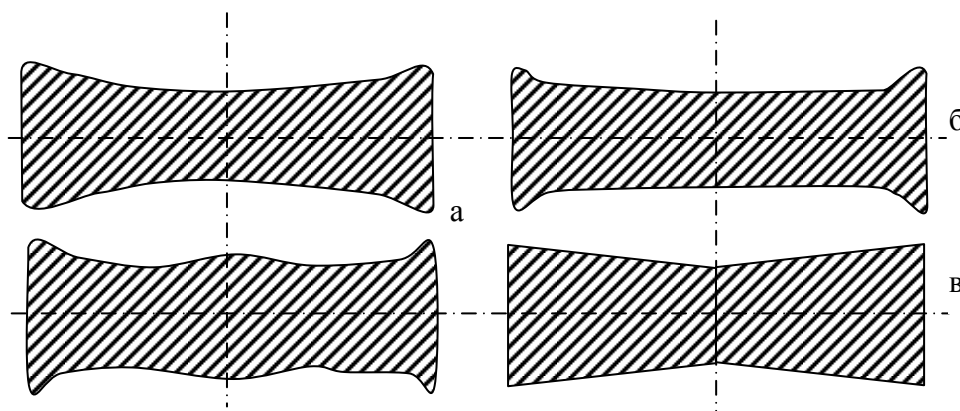


Рис. 2. Формы вогнутого поперечного сечения слябов:

а – варианты, полученные непрерывной разливкой, в том числе и с центральным утолщением; б – вариант, полученный прокаткой в вертикальных валках обжимной клетки; в – форма поперечного сечения, принятая в данной работе при моделировании

Показано, что вогнутые формы поперечного сечения не позволяют существенно уменьшить протяженность деформированных концевых участков в плане. Сечение сляба с наплывами на рис 2, б, образуется прокаткой в вертикальных валках обжимной универсальной клетки и предназначено также для уменьшения протяженности искаженных концевых участков раската.

Такой же сляб с наплывами, но полученный на выработанных горизонтальных валках обжимной клетки, показан на рис. 2, а внизу. Механизм влияния обжатия в вертикальных валках на форму концов раската в плане на ШСГП показан, например в [2–3].

Вместе с тем, в ряде случаев невозможно, или нецелесообразно формировать поперечную разнотолщинность или наплывы непосредственно в процессе прокатки с помощью вертикальных валков. Тогда, для снижения потерь с концевой обрезью, возможно применять слябы МНЛЗ с формой сечения, как на рис 2, а, вверху. Хотя механизм влияния поперечной разноширинности на вид концов раската в плане достаточно хорошо изучен, мало практических данных и рекомендаций по определению численных значений оптимальной величины поперечной разнотолщинности.

Целью данной работы является определение диапазона величин поперечной разнотолщинности (вогнутости) поперечного сечения сляба, обеспечивающего достижение цели (2). В рамках работ по достижению поставленной цели должны были быть решены задачи постановки и проведения эксперимента и получение рекомендаций и, по возможности, численных зависимостей, увязывающих факторы деформации сляба с геометрическими параметрами его сечения и формы концов в плане.

Для проведения эксперимента была изготовлена партия свинцовых моделей слябов, первый из которых являлся контрольным, и имел прямоугольную форму поперечного сечения. Остальные слябы партии имели форму поперечного сечения, аналогичную показанной на рис 2, в.

Замена криволинейной образующей широкой грани на V-образную связана с техническими условиями процесса изготовления моделей, которые выполнялись из предварительно обжатых, а затем фрезерованных свинцовых слитков. Такая замена не оказывает существенного влияния на значения исследуемых параметров, в качестве которых выбрали указанные выше величины $f_{u.n.}$ и $f_{u.z.}$.

Все слябы характеризовались различной степенью исходной поперечной разнотолщинности (равной для контрольного сляба нулю):

$$\delta = H_o - H_k, \quad (3)$$

где H_o – толщина сляба по продольной оси;

H_k – толщина сляба по боковым кромкам.

Величина δ предварительно рассчитывалась исходя из условия равенства площади поперечного сечения для всех слябов.

Начальная ширина слябов B_0 была одинаковой для всей партии. Все размеры моделей были выбраны, исходя из масштаба моделирования 1:15, определяемого, в свою очередь масштабом валков лабораторного прокатного стана.

Наряду с (3), вторым влияющим фактором выбрали величину частного суммарного обжатия раската в текущем i -м проходе $\eta_{\Sigma i}$. Таким образом, предварительный вид расчетных моделей:

$$\begin{aligned} f_{u.n.} &= \varphi(\delta_j, \eta_{\Sigma i}); \\ f_{u.z.} &= \varphi(\delta_j, \eta_{\Sigma i}), \end{aligned} \quad (4)$$

где $j = 1 \div m$ – номер сляба, определяющий величину поперечной разнотолщинности;

$i = 1 \div n$ – номер прохода.

Все слябы партии прокатывали в каждом проходе без реверса при одинаковом растворе горизонтальных валков. Количество проходов и величины частных абсолютных обжатий в проходах выбрали максимально приближенными к условиям прокатки на ШСП 1700 с учетом масштаба моделирования. По окончании каждого прохода снимали обводки планов раскатов и значения основных геометрических размеров.

По результатам эксперимента с использованием методов регрессионного анализа были получены численные зависимости величин стрел изгиба переднего и заднего концов раската в плане от исходной поперечной разнотолщинности и суммарного коэффициента обжатия. Поскольку величина обреза определяется суммой величин стрел изгиба, более практичным представляется использование величины, отражающей среднее значение $f_{u.n.}$ и $f_{u.z.}$. Эта зависимость (5) дает половинное значение длины, отделяемой от раската, после черновой группы ШСП.

$$\frac{f_{cp}}{B_0} = 0,1754 - 9,2646 \cdot \ln(\eta_{\Sigma}) \cdot \frac{\delta}{B_0}. \quad (5)$$

График поверхности, образуемой функцией (5) представлен на рис. 3. Проанализировав (5), можно дать предварительные рекомендации, касающиеся выбора величины исходной вогнутости в зависимости от суммарного коэффициента обжатия, обеспечивающей минимальное искажение концов в плане. Так, при малых значениях η_{Σ} , достижение минимального искажения конца возможно только при сравнительно больших значениях δ (для нашего диапазона размеров в пересчете на натуру примерно 60 мм), что практически нереализуемо при малых толщинах слябов. С другой стороны, с увеличением суммарного коэффициента обжатия до 6-7 и более, минимальное искажение достигается при значении $\delta \approx 5$ мм, которое сохраняет примерно то же значение при дальнейшем увеличении η_{Σ} .

Необходимо отметить, что полученные результаты относятся к узким слябам (примерно 1000 мм для натуре). Для более полной картины необходимо провести исследования с варьированием исходной ширины сляба, как третьего фактора.

Однако, даже при получении благоприятного прогноза по использованию слябов с заданной поперечной вогнутостью в смысле снижения концевой обрезки раскатов после ШСГП, окончательную оценку можно сделать, лишь учтя изменившийся характер расхода валков по длине бочки (в стороны от оси прокатки) в первой клетке черновой группы и, возможно, в тех клетках, где раскат еще будет иметь поперечную разнотолщинность.

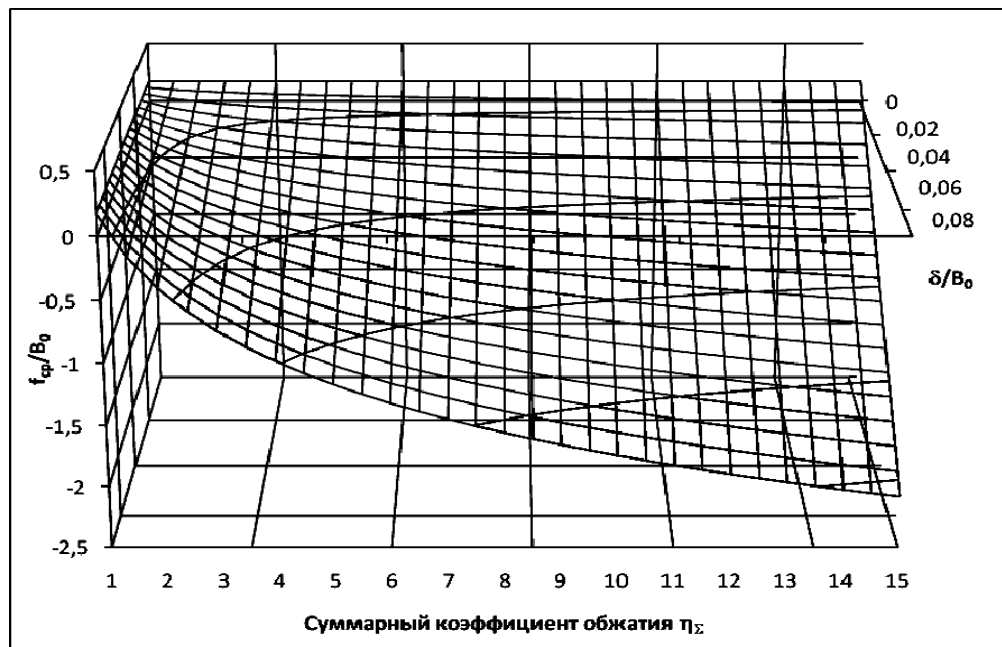


Рис. 3. Поверхность, образуемая функцией $\frac{f_{cp}}{B_0}$

ВЫВОДЫ

Получена регрессионная модель зависимости длин искаженных концевых участков полосы в плане от суммарного коэффициента обжатия и исходной поперечной разнотолщинности сляба. Даны предварительные рекомендации по соотношению значений δ и $\eta_{\Sigma i}$, обеспечивающих минимальную концевую обрезку.

Для комплексной оценки влияния параметра δ на расходный коэффициент на ШСГП желательно провести расширенные исследования для всего диапазона ширин и толщин слябов, характерных для современных ШСГП с преобразованием функций (4) к виду $f_{u.n.} = \varphi(\delta_j, \eta_{\Sigma i}, B)$, $f_{u.z.} = \varphi(\delta_j, \eta_{\Sigma i}, B)$.

Прокатка слябов с вогнутым профилем поперечного сечения на ШСГП приводит к перераспределению зон первичного контакта металла с валками по образующей бочки, особенно в первой клетке группы. Для повышения срока службы валков необходимо знать расположение этих зон и принимать меры к повышению их стойкости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тимошенко Л. В. Современные способы уменьшения концевой обрезки раскатов на широкополосных станах горячей прокатки / Л. В. Тимошенко, О. Н. Логак, В. П. Мазур // Черная металлургия. Бюл. Ин-та Черметинформ. – 1989. – № 2. – С. 33–45.
2. Стабилизация ширины полос и снижение концевой обрезки на непрерывном широкополосном стане 1700 / Н. А. Карнаушенко, А. В. Васекин, Э. Н. Шебаниц, В. А. Клименко, И. А. Пасько // Удосконалення процесів та обладнання обробки тиском в машинобудуванні та металургії : міжвузівський тематичний зб. наук. праць. – Краматорськ, 1999. – С. 214–217.
3. Васекин А. В. Модели формоизменения концов толстых широких раскатов в плане при прокатке в системе горизонтальных и вертикальных валков / А. В. Васекин // Металл и литье Украины. – 2009. – № 6. – С. 14–17.