

прокатки требуется проводить их оценку с учетом изменений напряженного состояния и пластичности металла прокатываемой заготовки.

Список литературы

1. Воронцов В. К., Белевитин В. А. Скорость течения металла при винтовой прокатке круглой сплошной заготовки // Известия вузов. Черная металлургия. 1980. № 7. — С. 56–59.
2. Минаев А. А., Белевитин В. А., Смирнов Е. Н. Расчет параметров пластического формоизменения сортовых заготовок // Известия вузов. Черная металлургия. 1990. № 12. — С. 26–28.
3. Литвиненко Ю. П., Яковлев А. И. Деформации и напряжения при прокатке овального раската в круглом калибре // Сталь. 1972. № 3. — С. 246–249.

© Смирнов Е.Н., 1999.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФОРМОИЗМЕНЕНИЯ КОНЦОВ РАСКАТА В ПЛАНЕ ПРИ ПРОКАТКЕ В СИСТЕМЕ ВЕРТИКАЛЬНЫЕ — ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ ВАЛКИ ЧЕРНОВОЙ КЛЕТИ ШИРОКОПОЛОСНОГО СТАНА

РУДЕНКО Е.А. (ДОНГТУ)

На основе физического моделирования прокатки в мощной универсальной черновой клетки широкополосного стана получена математическая модель формоизменения концов раската в плане, позволяющая рассчитать параметры формы концов раската последовательно в вертикальных и горизонтальных валках.

Одним из путей ресурсосбережения при производстве широкополосного проката в комплексах машины непрерывного литья заготовок — широкополосный стан горячей прокатки (МНЛЗ — ШСГП) является совмещение процессов редуцирования и прокатки слябов в мощных черновых универсальных клетях ШСГП. Применяют универсальные клетки с системой вертикальные — горизонтальные валки (ВВ — ГВ) и с системой ВВ — ГВ — ВВ [1].

Известно, что большие обжатия в ГВ и особенно в ВВ характеризуются максимальным развитием неустановившихся стадий прокатки на концевых участках раската, обуславливающих искажение их формы от прямоугольной и, в конечном счете, повышенную концевую обрезь. Наибольшая концевая обрезь получается при реализации процесса простого редуцирования (обжатие в ВВ — проглаживание в ГВ) [2].

При совмещенном процессе редуцирования — прокатки форма концов раската в плане определяется распределением обжатий в системе ВВ — ГВ. Наиболее эффективным методом снижения концевой обрезки является переменное обжатие в ВВ по длине раската [1]. Этот метод может быть реализован только с помощью автоматизированной системы управления формой концов раската в плане. Эффективность работы такой системы во многом зависит от точности прогнозирования параметров формоизменения в процессе редуцирования — прокатки.

Большинство известных математических моделей формоизменения при прокатке в ВВ и ГВ не учитывает полный набор основных параметров прокатки, и описывают форму раската в плане в конце отдельных этапов прокатки [3].

Некоторые модели вообще не учитывают технологические параметры и не могут быть использованы для прогнозирования формоизменения [4].

Ниже приведена математическая модель параметров формоизменения концов раската в плане при прокатке в системе ВВ — ГВ мощной черновой клетки.

Изучение процесса формоизменения выполнили путем физического моделирования на полупромышленном стане 340. Материал моделирования — низкоуглеродистая сталь, масштаб моделирования 1:12,5. Моделировали процесс прокатки — редуцирования слябов в черновой универсальной клетке ШСГП с длиной бочки валков 2000–2500 мм.

Совмещенный процесс редуцирования — прокатки представили в виде наложения двух процессов: простого редуцирования (обжатие в ВВ — проглаживание в ГВ) и обжатия в ГВ.

Форма раската в плане после прокатки в ВВ исходного прямоугольного сляба за один проход и последующего проглаживания в ГВ показана на рисунке 1, а, а после обжатия исходного прямоугольного сляба в ГВ — на рисунке 1, б. Как видно из рисунков, каждому параметру формы раската после простого редуцирования можно поставить в соответствие аналогичный параметр после обжатия в ГВ. Так, утяжкам ширины переднего $\delta_{\text{он}}^{\text{B}}$ и заднего $\delta_{\text{оз}}^{\text{B}}$ концов раската соответствуют уширение переднего $\delta_{\text{он}}^{\Gamma}$ и заднего $\delta_{\text{оз}}^{\Gamma}$ концов; стреле вогнутости переднего $f_{\text{он}}^{\Gamma}$ и заднего $f_{\text{оз}}^{\Gamma}$ торцов, а длине переднего $l_{\text{он}}^{\text{B}}$ и заднего $l_{\text{оз}}^{\text{B}}$ концов с переменной шириной соответствуют длина переднего $l_{\text{он}}^{\Gamma}$ и заднего $l_{\text{оз}}^{\Gamma}$ концов. Из рисунков следует также, что параметры формы, определяющие изменение ширины и формы торцов раската имеют противоположные знаки.

Математические модели параметров формоизменения концов раската в плане, полученные для условий прокатки за один проход исходных прямоугольных слябов в ГВ, в гладких или калиброванных ВВ с учетом последующего проглаживания прикромочных наплывов металла в ГВ приведены в [5, 6] и могут быть представлены в общем виде:

$$Z_{\text{он(з)}}^{\text{B}(\Gamma)} = a_0 (K_1)^{a_1} (K_2)^{a_2} \dots (K_k)^{a_k}, \quad (1)$$

где $Z_{\text{он(з)}}^{\text{B}(\Gamma)} = \delta_{\text{он(з)}}^{\text{B}(\Gamma)}$, $f_{\text{он(з)}}^{\text{B}(\Gamma)}$, $l_{\text{он(з)}}^{\text{B}(\Gamma)}$ — параметры формы переднего (заднего) конца раската после обжатия в ВВ (ГВ); $K_1, K_2 \dots K_k$ — критерии процессов формоизменения; $a_0, a_1, a_2 \dots a_k$ — коэффициенты.

В реальных условиях прокатки прямоугольную форму в плане может иметь только исходный сляб. Поэтому после прохода в ВВ параметры формы переднего (заднего) концов раската $Z_{\text{он(з)}}^{\text{B}(\Gamma)}$ можно определять по выражению (1). Параметры формы концов раската после прохода в ГВ можно определить, используя принцип суперпозиции: как сумму двух составляющих. Первая составляющая является результатом деформации концевых участков раската непрямоугольной формы, вторая — прямоугольных концов вписанного в контур раската после ВВ прямоугольного раската (на рисунке 1, а показан пунктиром). Особенностью формоизменения концов вписанного прямоугольного раската является наличие перед ними неполных жестких зон, уменьшающих неравномерность вытяжки по ширине и уширения по длине.

Выражение для параметров формы концов раската после прохода в ГВ имеет вид:

$$Z_{\text{н(з)}}^{\Gamma} = K_{Z_{\text{н(з)}}}^{\Gamma} Z_{\text{он(з)}}^{\text{B}} + K_{Z_{\text{н(з)}}}^{\Gamma} Z_{\text{он(з)}}^{\Gamma}, \quad (2)$$

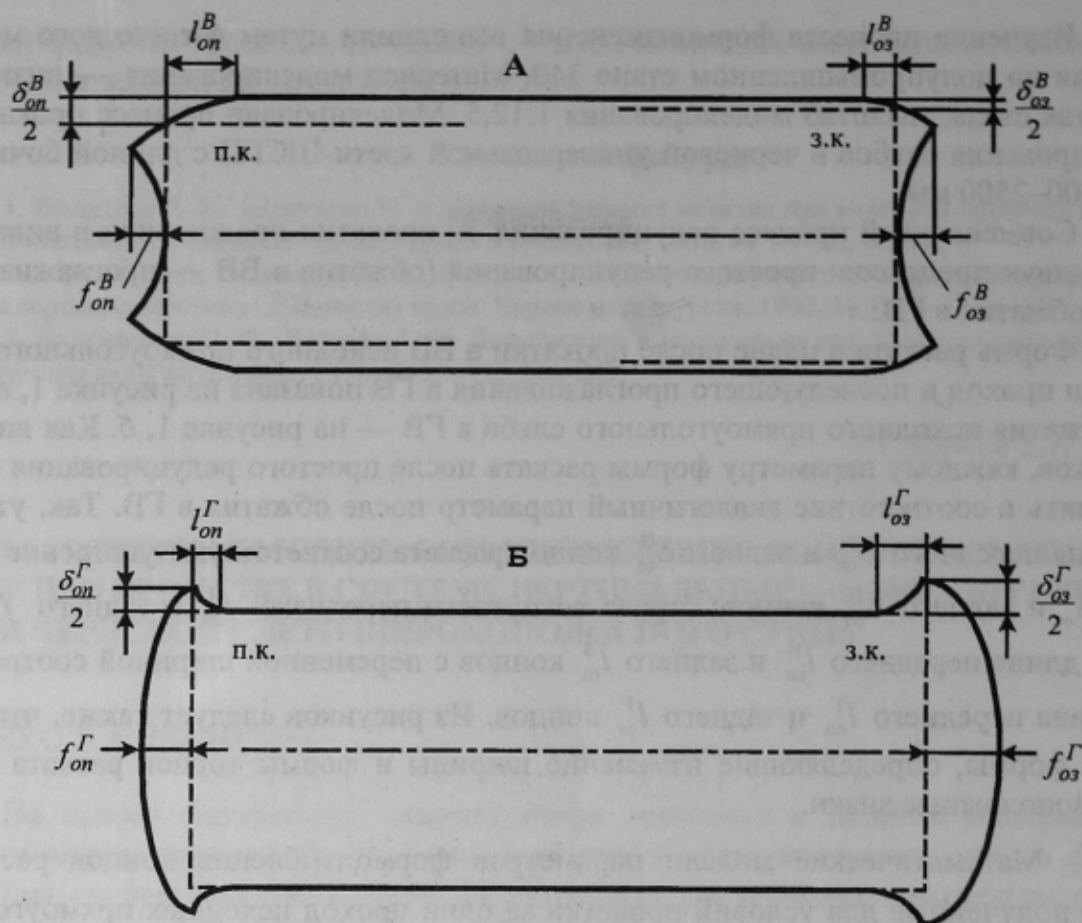


Рисунок 1 - Форма раската в плане после прокатки исходного прямоугольного сляба в вертикальных валках и проглаживания в горизонтальных валках (а), после прокатки в ГВ (б) (п.к., з.к. — передний и задний концы сляба).

где $Z_{п(з)}^\Gamma = \delta_{п(з)}^\Gamma, f_{п(з)}^\Gamma, l_{п(з)}^\Gamma$ — параметры формы переднего (заднего) конца раската после ГВ; $K_{Z_{п(з)}^\Gamma} = K_{\delta_{п(з)}^\Gamma}, K_{f_{п(з)}^\Gamma}, K_{l_{п(з)}^\Gamma}$ — коэффициенты передачи соответствующих параметров формы в проходе в ГВ; $K_{Z_{он(з)}^\Gamma} = K_{\delta_{он(з)}^\Gamma}, K_{f_{он(з)}^\Gamma}, K_{l_{он(з)}^\Gamma}$ — коэффициенты, учитывающие сдерживающее влияние неполных внешних зон на параметры формы концов условно вписанного прямоугольного раската; $Z_{он(з)}^\Gamma = \delta_{он(з)}^\Gamma, f_{он(з)}^\Gamma, l_{он(з)}^\Gamma$ — параметры формы концов условно вписанного раската после прохода в ГВ без учета влияния неполных внешних зон.

Для определения коэффициентов выражения (2) выполнили специальное экспериментальное исследование. Изучали особенность формоизменения непрямоугольных концов раската в ГВ. Установили, что треугольные выступы, образованные после ВВ, вследствие утяжки ширины концов и вогнутости торцов, длиной, равной $f_{он(з)}^B$, в определенных условиях практически не получают вытяжки после прокатки в ГВ: $\lambda_{\delta_{он(з)}^\Gamma} \approx 1$. Условиями являются: во-первых, угол при вершине выступа должен быть меньше 90° , во-вторых, обжатие в ГВ должно обеспечивать отношение $l_{д}^\Gamma / f_{он(з)}^B > 1$ (где $l_{д}^\Gamma$ — длина очага деформации в ГВ). В этих деформационных условиях при заполнении очага деформации ГВ металл из объема выступов смещается в

основном против хода прокатки в основную часть длины раската. В реальных условиях прокатки в ВВ и ГВ черновой клети ШСГП выполняются указанные выше условия. Поэтому локальные треугольные выступы на краях торцов раската не оказывают влияния на формоизменение концов вписанного прямоугольного раската в ГВ. При этом соответствующие параметры формоизменения концов раската в ВВ и ГВ становятся аддитивными (кроме $l_{оп(3)}$).

Тогда выражение (2) можно записать в развернутом виде:

$$\left. \begin{aligned} \delta_{n(3)}^{\Gamma} &= \delta_{n(3)}^{\text{В}} - \delta_{оп(3)}^{\Gamma} \\ f_{n(3)}^{\Gamma} &= f_{n(3)}^{\text{В}} - f_{оп(3)}^{\Gamma} \\ l_{n(3)}^{\Gamma} &= \lambda^{\Gamma} l_{n(3)}^{\text{В}} \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Из составления выражений (2) и (3) следует, что

$$K_{\delta_{n(3)}^{\text{В}}} = K_{\delta_{оп(3)}^{\Gamma}} = K_{f_{n(3)}^{\text{В}}} = K_{f_{оп(3)}^{\Gamma}} = 1; K_{l_{n(3)}^{\Gamma}} = 0; K_{l_{оп(3)}^{\Gamma}} = \lambda^{\Gamma}.$$

Таким образом, на основе экспериментальных данных разработана математическая модель параметров формоизменения концов раската в плане в совмещенном процессе редуцирования — прокатки. Модель позволяет по параметрам прокатки в ВВ и ГВ прогнозировать параметры формоизменения концов раската для использования при определении компенсирующих управляющих воздействий.

Список литературы

1. Тимошенко Л.В., Логак О.Н., Мазур В.Л. Современные способы уменьшения концевой обреза раскатов на широкополосных станах горячей прокатки // Черная металлургия. Бюл. НТИ. 1989. Вып.3 (1079) — с. 33–45.
2. Чижиков Ю.М. Редуцирование и прокатка металла непрерывной разливки. — М.: Металлургия, 1974, 384 с.
3. Исследование зависимости выпуклости по ширине раскатов стана 2800 от основных параметров прокатки / В.М. Данько, А.И. Герцев, Н.М. Хорошилов, В.Г. Абакумов // Прокатка и термообработка толстого листа: Сб. статей. — Москва: Металлургия, 1986. С. 41–45.
4. Математическое моделирование формоизменения толстого листа в плане при прокатке на стане 5000/ В.Л. Обручев, И.М. Гриднев, В.П. Полухин, А.В. Александров // Снижение материальных и энергетических затрат при производстве листовой стали: Сб. статей. — М.: Металлургия, 1990. С.41–45.
5. Руденко Е.А. Математическая модель формоизменения раската в плане при редуцировании в универсальной клети широкополосного стана // Наука, производство, предпринимательство - развитию металлургии: Сб. научных трудов конференции. - Донецк, «Лик», 1998. — С.43–48.
6. Руденко Е.А. Математическая модель формоизменения раската в плане при прокатке в черновой горизонтальной клети толстолистового стана // Совершенствование процессов и оборудования обработки давлением в металлургии и машиностроении: Сб. науч. тр. — Вып.4. — Краматорск, 1998 — С.167–172.

© Руденко Е.А., 1999.

БЕССОЛЕВАЯ СОРБИТИЗАЦИЯ ПРОВОЛОКИ

АЛИМОВ В.И. (ДОНГТУ)

На основе анализа диаграмм превращения переохлажденного аустенита и экспериментально показаны возможности получения сорбитной структуры в про-