

УДК 621.771.22

Карнаушенко Н.А.,<sup>1</sup> Васекин А.В.<sup>2</sup>**ПРОБЛЕМЫ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМА ДЕФОРМАЦИИ НА СЛЯБИНГЕ**

*В работе рассматриваются проблемы выбора оптимального режима деформации слитков и слябов в условиях слябинга. Предложен метод решения, заключающийся в нахождении целевой функции  $F = \phi[T(\Delta h), \tau(\Delta h), N(\Delta h)]$  при заданных критериях оптимизации (повышение температуры конца прокатки, снижение расхода металла и т.д.) и определении граничных условий и ограничений для частных обжатий в горизонтальной и вертикальной клетях..*

Технология процесса получения пригодного к дальнейшему переделу сляба из слитка или литой заготовки - довольно сложный с математической точки зрения процесс. Это объясняется следующим:

- меняющиеся в зависимости от конкретного заказа цели технологического процесса прокатки;
- большое число требуемых исходных данных;
- сложные, часто взаимно-зависимые уравнения различных параметров процесса.

Учитывая вышеперечисленные факторы, можно заранее сказать, что общая математическая модель оптимизации технологического процесса прокатки на слябинге будет являться многокритериальной моделью нелинейного типа с переменными исходными данными и граничными условиями.

Общую структурную схему процесса оптимизации прокатки на "слябинге" можно представить в следующем виде:

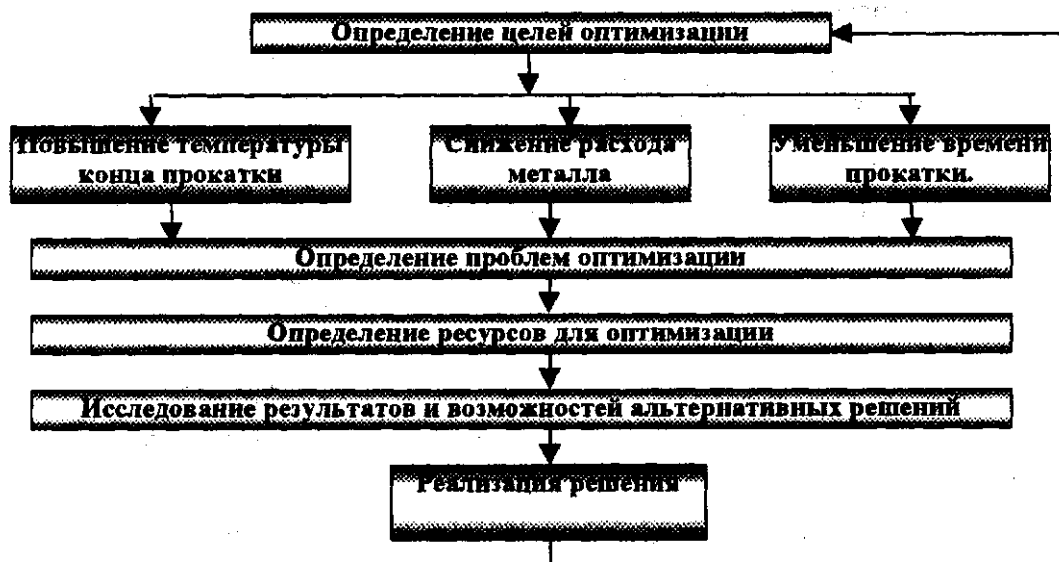


Рис. 1 - Общая схема процесса оптимизации

Под целями оптимизации понимаются задачи, решения которых требуется достичь. В нашем случае такими задачами являются, например, снижение расхода металла при прокатке с концевой обрезью, повышение температуры конца прокатки, уменьшение времени прокатки. В общем виде математическую модель оптимизации можно записать так:

<sup>1</sup> ПГТУ, канд. техн. наук, почетный профессор.

<sup>2</sup> ПГТУ, ассистент.

$$F = \sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot \frac{F_i}{F_i^{\text{норм}}} \rightarrow \max,$$

или для трех приведенных критериев оптимизации:

$$F = \alpha_T \cdot \frac{T}{T^{\text{норм}}} - \alpha_N \cdot \frac{N}{N^{\text{норм}}} - \alpha_\tau \cdot \frac{\tau}{\tau^{\text{норм}}}, \quad (1)$$

здесь  $\alpha_T$ ,  $\alpha_N$  и  $\alpha_\tau$  - весовые коэффициенты соответствующие целевым функциям  $T$  (время прокатки),  $N$  (снижение концевой обрезки) и  $\tau$  (время прокатки);

$T^{\text{норм}}$ ,  $N^{\text{норм}}$  и  $\tau^{\text{норм}}$  - нормирующие значения соответствующих целевых функций, причем при максимизации функции ее нормирующее значение равно максимуму функции, а при минимизации - ее минимуму.

Определение весовых коэффициентов  $\alpha_T$ ,  $\alpha_N$  и  $\alpha_\tau$  предпочтительнее проводить методом экспертных оценок, однако можно использовать и другие известные методы (например, парных сравнений). Падение температуры при прокатке определяется по формуле

$$t_i = \frac{1000}{\sqrt[3]{\frac{1000}{\left(\frac{t_{i-1} + 273}{100}\right)^3 + 0,055 \frac{(\tau_m + \tau_n)_i}{h_{i-1}}}}} - 273, \text{ } ^\circ\text{C},$$

где  $\tau_m$  и  $\tau_n$  - машинное время прокатки и время пауз между проходами.

Общее время прокатки прокатки, как известно, является суммой машинного времени проходов и времени пауз между ними. Величины времени пауз берутся по практическим данным. Машинное время пропусков в универсальной клети также легко рассчитывается. Известную трудность представляет собой определение концевой обрезки. Один из главных параметров, влияющий на величину обрезки - накат (рис.2).

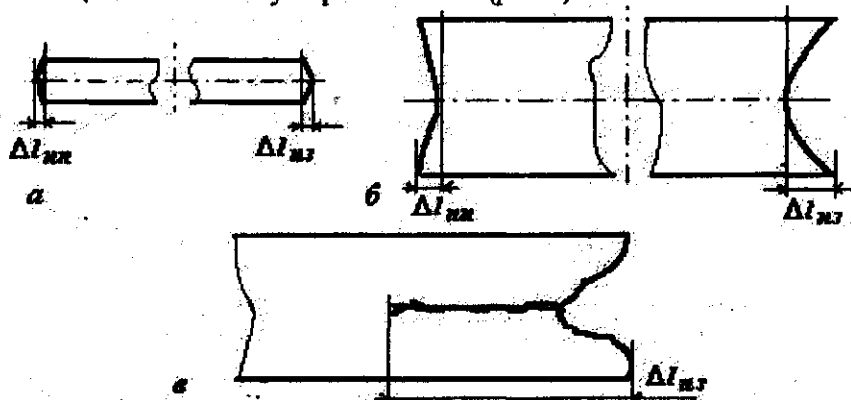


Рис.2 - Деформация торца раската: а - тонкой полосы; б - толстой полосы; в - образование донного заката после прокатки толстой полосы.

Авторами проведены соответствующие исследования, в результате которых получены численные зависимости величины наката на переднем и заднем торцах раскатов в зависимости от условий деформации [1].

Общий вид зависимостей:

$$L_n = a + \frac{b}{(\Phi + c)^2 + d}, \quad (2)$$

где  $a$ ,  $b$ ,  $c$  и  $d$  - эмпирические коэффициенты;

$$L_n - \text{относительная величина наката, } L_n = \frac{\Delta l}{H}.$$

Все целевые функции легко выразить через величину абсолютного обжатия  $\Delta h$ . Ограничениями величин обжатий сверху будут являться минимальные из максимально допустимых обжатий  $[\Delta h]_{\text{дон}}$ , рассчитанных по трем условиям (условие прочности валков, условие захвата и условие максимально допустимого момента).

Дополнительным условием является кратность величин обжатий 5. Такое условие способствует эффективной работе операторов стана и, таким образом косвенно влияет на снижение общего времени прокатки. В общем виде, используя (1), модель запишется следующим образом:

$$\left. \begin{aligned}
 F &= \alpha_T \cdot \frac{T(\Delta h)}{T_{\text{норм}}} - \alpha_N \cdot \frac{N(\Delta h)}{N_{\text{норм}}} - \alpha_\tau \cdot \frac{\tau(\Delta h)}{\tau_{\text{норм}}} \rightarrow \max; \\
 T(\Delta h) &\rightarrow \max; \\
 N(\Delta h) &\rightarrow \min; \\
 \tau(\Delta h) &\rightarrow \min; \\
 0 \leq \Delta h &\leq \min([\Delta h]_a, [\Delta h]_M, [\Delta h]_P).
 \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

На основе описанной модели составлена программа расчета оптимальных режимов деформации в среде Visual Basic. Впрочем, модель легко реализуется и в различных табличных процессорах. Полученные с помощью расчета режимы деформации успешно опробованы в условиях слябинга 1150 ОАО ММК им. Ильича и внедрены в производство.

#### Выводы

- технологический режим прокатки слябинга целесообразно представить в виде сложной системы с несколькими целевыми функциями;
- оптимизация режима деформации сводится к нахождению величин частных обжатий в вертикальной и горизонтальной клетях в зависимости от критериев оптимизации;
- в качестве одного из критериев применима полученная авторами зависимость величины торцевого наката от параметров деформации;
- предложенная модель расчета легко реализуется на ЭВМ;
- модель успешно прошла апробацию в промышленных условиях.

#### Перечень ссылок

1. Карнаушенко Н.А., Васекин А.В. Деформация торцов при прокатке толстых полос // Удосконалення процесів та обладнання обробки тиском у машинобудуванні та металургії. - Краматорськ, 1999. - С.209-213.

Карнаушенко Нил Андреевич. Канд. техн. наук, почетный профессор кафедры обработки металлов давлением, кандидат технических наук. Окончил Мариупольский металлургический институт в 1953 году. Основные направления научных исследований - совершенствование процессов прокатки на обжимных и листопрокатных станах, снижение энерго- и металлозатрат, повышение качества проката.

Васекин Андрей Валериевич. Ассистент кафедры обработки металлов давлением. Окончил Приазовский государственный технический университет в 1994 году. Основные направления научных исследований - совершенствование процессов прокатки на обжимных и листопрокатных станах, снижение энерго- и металлозатрат, повышение качества проката.