

М. Ю. Кузьменко, О. Е. Потап /к. т. н./,  
А. П. Егоров /к. т. н./,  
Национальная металлургическая академия  
Украины  
А. П. Крячко /к. т. н./  
НПП «Днепрчерметавтоматика»

В. В. Дудкина  
ГВУЗ «Национальный горный университет»,  
А. Ф. Гринев /к. т. н./  
ООО «НИИ «Укрметаллургинформ»

## Анализ оптимальных способов раскроя проката на непрерывном мелкосортном стане

В статье приведен анализ существующих способов раскроя проката на непрерывном мелкосортном стане. Показан оптимальный способ раскроя проката, при котором во время раскроя раската на летучих ножницах исключается появление немерных концевых прутков на холодильнике, что существенно увеличивает выход мерного сортового проката. (Ил. 1. Библиогр.: 4 назв.).

**Ключевые слова:** раскат, способ раскроя, прокат, летучие ножницы, непрерывный мелкосортный стан

The article presents the analysis of existing methods of roll cutting on the continuous light-section mill. It is shown the optimal method of roll cutting, during which while the cutting of roll on the flying shears, the appearance of unmeasured length of rods ends on the cooling installation is prevented, which significantly increases the outgoing of metal-roll products.

**Key words:** rolled metal, method of cutting, rolling, flying shears, continuous light-section mill

### Введение

На непрерывном мелкосортном стане прокатку ведут в клетях, которые объединены в две непрерывные группы: черновую и чистовую. Иногда количество групп клетей может быть и большим. Раскрой прокатанного металла происходит в две стадии. После прокатки в черновой и чистовой группах клетей раскат, который выходит из последней чистовой клетки, разрезается летучими ножницами на отрезки (прутки) длиной от 60 до 110 м (первая стадия раскроя). Отрезанные от раската прутки транспортируются к холодильнику и с помощью клапанного сбрасывателя перекадываются на его настил. На холодильнике осуществляется охлаждение прутков и выравнивание их передних торцов путем подтягивания с помощью встроенного рольганга. Из охлажденных и выровненных прутков комплектуются пакеты (по 20–50 прутков), которые рольгангом подаются на стационарные ножницы для раскроя на пачки мерных стержней, длина которых определяется заказом и может колебаться от 6 до 12 м (вторая стадия раскроя).

Длина прутков, которые образуются в результате раскроя на летучих ножницах, ограничивается сверху габаритами холодильника, а снизу – продолжительностью цикла работы клапанного сбрасывателя. Так, например, при скорости движения проката на выходе со стана  $V = 15\text{ м/с}$  и продолжительности рабочего цикла сбрасы-

вателя  $t_{\text{ц}} = 4\text{ с}$  минимальная длина прутка будет составлять  $l_{\text{пр, мин}} = V \times t_{\text{ц}} = 15 \times 4 = 60\text{ м}$ . Если длина прутка будет меньше минимальной, вместе с ним на холодильник будет вскидываться начало следующего прутка, который тронется следом, что приведет к аварии на холодильнике.

Если после раскроя пакета в пачках стержней отсутствуют стержни немерной длины, такие пачки считаются мерными и могут быть реализованы по максимально высокой цене. Наличие же в пачках немерных стержней приводит к уменьшению цены готового проката или требует дополнительных затрат на осуществление разбраковки – выискивание и изъятие немерных стержней из пачек.

### Цель работы

Выбор оптимального способа раскроя проката на непрерывном мелкосортном стане, при использовании которого выход мерной продукции будет максимален, а ее реализация может быть проведена по максимально высокой цене.

### Результаты работы

Учитывая обеспечение максимального выхода мерной стержневой продукции, идеальный результат первой стадии раскроя состоит в том, чтобы длина всех прутков на холодильнике была кратной длине мерного стержня (первое требование) и при этом не превышала максимально допустимой и не была меньше минимально допустимой длины прутка (второе требование).

Если устранить вредное влияние наличия переменных по длине концевых прутков, то создадутся условия для существенного увеличения выхода мерных стержней.

В работе [1] показан способ раскроя раската на прутки, который предполагает прогнозирование длины раската на момент появления металла в сечении летучих ножниц и дальнейший его раскрой на прутки одинаковой длины:

$$l_p = n \times l_{np},$$

где  $l_p$  – длина раската;  $l_{np}$  – длина прутка;  $n$  – количество прутков, образующихся во время раскроя данного раската. Размещение на холодильнике прутков, полученных в результате применения этого способа раскроя, после выравнивания их торцов приведено на рис. 1а. Координаты мест реза стационарных ножниц во время раскроя пакетов на пачки стержней обозначены треугольниками и пунктирными линиями.

Недостаток этого способа заключается в том, что его применение обеспечивает лишь второе требование к раскрою раската, тогда как первое требование не выполняется, ведь длина раската не является кратной длине мерного стержня. В результате после раскроя пакетов стационарными ножницами образуются немерные пачки стержней. К тому же изменчивость длины раскатов обуславливает значительное различие длины прутков на разных раскатах, вследствие чего значительно увеличивается количество немерных пачек стержней при дальнейшей обработке.

В работе [2] описан способ раскроя, при котором раскат раскраивается на прутки двух модификаций длины. Сначала от раската отрезаются прутки, длина которых является максимально возможной, учитывая габариты холодильника, и кратной длине мерного стержня (первая модификация длины). После попадания заднего конца заготовки в клетки черновой группы происходит прогнозирование длины раската, который будет прокатан из еще не раскrojеной части данной заготовки, и осуществляется раскрой этой части на прутки одинаковой длины (вторая модификация длины):

$$l_p = m \times l_{np, \max} + n \times l_{np, II},$$

где  $m$  и  $l_{np, \max}$  – количество и длина прутков первой модификации;  $n$  и  $l_{np, II}$  – количество и длина прутков второй модификации.

Размещение на холодильнике прутков, полученных в результате применения этого способа раскроя, после выравнивания их торцов приведено на рис. 1б. Недостаток этого способа раскроя заключается в том, что в результате его применения полностью обеспечивается лишь

второе требование к раскрою раската, тогда как первое требование обеспечивается частично – только для прутков первой модификации длины. Во время дальнейшего раскроя этих прутков на стержни неизбежно будут образовываться немерные пачки.

Среди известных программ порезки способ раскроя на крат обеспечивает максимальный выход мерного проката [3]. Согласно данному способу от раскатов последовательно отрезаются прутки, длина которых кратна длине мерного стержня и наиболее приближена к максимально возможной длине по габаритам холодильника. При этом конечный прутки, который образуется на заднем конце раската, может иметь произвольную длину:

$$l_p = m \times l_{np, \max} + l_k,$$

где  $l_k$  – длина конечного стержня.

Если разрыв между смежными раскатами является небольшим, то от переднего конца следующего раската прутки отрезаются так, что с учетом разрыва между концевыми прутками их общая длина составит  $l_{np, \max}$ . Размещения на холодильнике прутков, полученных в результате применения этого способа раскроя, приведено на рис. 1в. Его недостатком также является образование большого количества немерных пачек стержней после раскроя пакетов на стационарных ножницах.

С учетом обеспечения максимального выхода мерной стержневой продукции идеальный результат первой стадии раскроя заключается в том, чтобы длина всех прутков на холодильнике была кратной длине мерного стержня (первое требование) и при этом не превышала максимально допустимой и не была меньше минимально допустимой длины прутка (второе требование).

Если удастся исключить появление немерных концевых прутков на холодильнике во время раскроя раската на летучих ножницах, то создадутся условия для существенного увеличения выхода мерного металлопроката (рис. 1г).

Поставленная цель может быть достигнута тем, что на непрерывном мелкосортном стане во время пребывания заднего конца заготовки в черновой группе клетей осуществляют прогнозирование длины готового проката, который будет прокатанным из данной заготовки, вычисляют ожидаемую длину конечного немерного отрезка (стержня) и аварийными ножницами, которые размещены между черновой и чистовой группами клетей, отрежут от заднего конца заготовки этот конечный отрезок.

Сущность данного способа раскроя состоит в следующем [4].

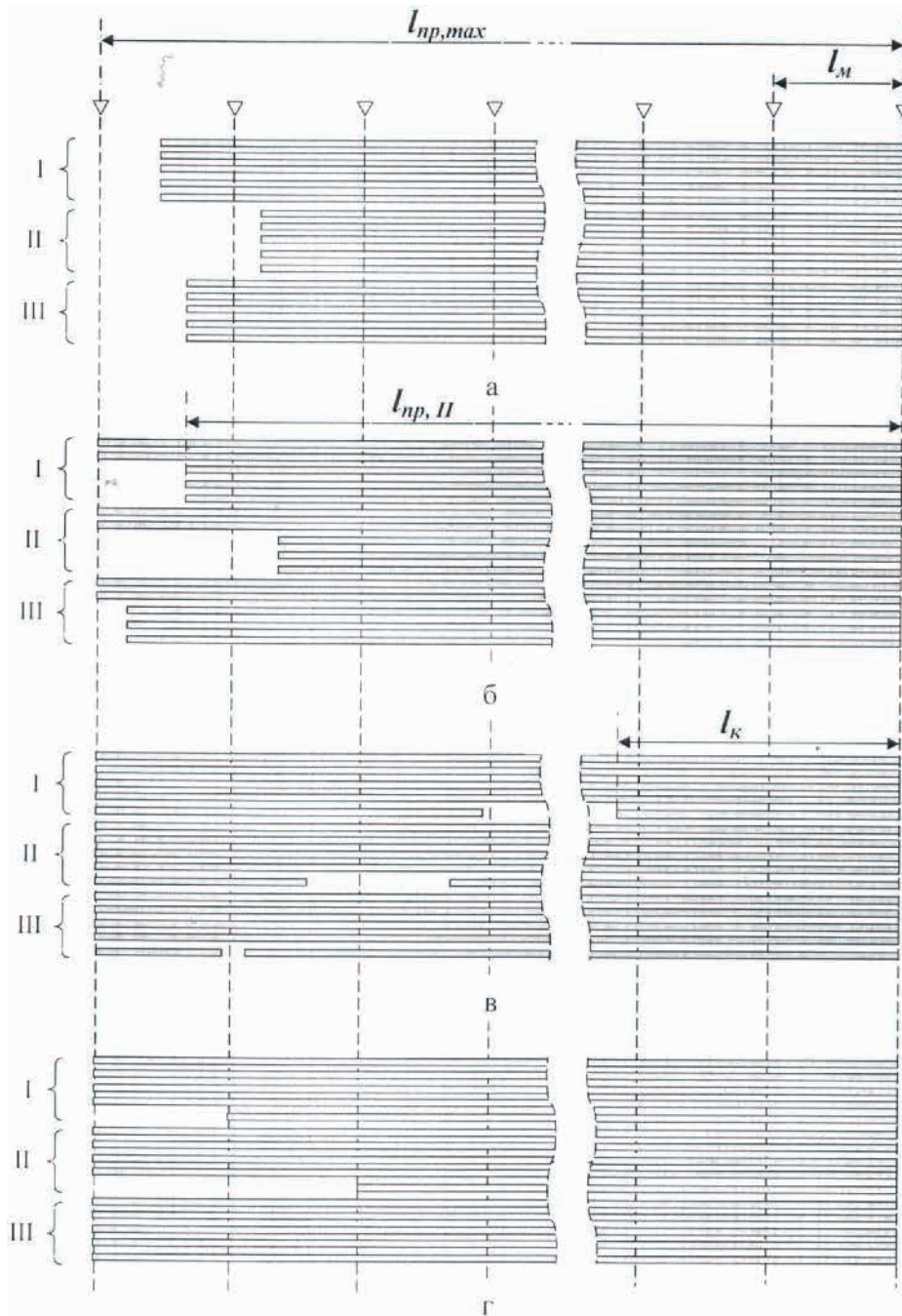


Рис. 1. Варианты размещения прутков на холодильнике после выравнивания их торцов

Перед переходом к производству пруткового проката новой мерной длины  $l_M$  определяют кратную ей заданную длину прутка  $l_{np,max}$ , которая является максимально возможной по габаритам холодильника:

$$l_x > l_{np,max} = k \times l_M, \tag{1}$$

где  $l_x$  – длина настила холодильника;  $k$  – количество мерных стержней, которые могут быть образованы из прутка.

В дальнейшем вместо длины раскатов и прутков используют временные интервалы, которые являются эквивалентными продолжительности передвижения прутков и раскатов через сечение летучих ножниц.

При прокатке измеряют скорость  $V$  проката на выходе из последней чистой клетки и определяют временной интервал  $t_{np}$ , который отвечает заданной длине прутка:

$$t_{np} = \frac{l_{np,max}}{V}, \tag{2}$$

а потом, отсчитывая его, последовательно отрежут от раската прутки длиной  $l_{np,max}$ . Определяют также промежуток времени  $t_{M'}$  в течение которого через сечение летучих ножниц будет проходить отрезок раската длиной  $l_M$ :

$$t_{M'} = \frac{l_M}{V}, \tag{3}$$



В момент появления переднего конца раската в сечении летучих ножниц, используя известные с практики методы, осуществляют прогнозирование временного интервала  $t_p$  в течение которого раскат будет присутствовать в сечении летучих ножниц, и времени  $t_a$ , которое осталось до момента выхода заднего конца проката из сечения аварийных ножниц. После этого вычисляют временной интервал, который отвечает длине конечного прутка по формуле:

$$t_k = t_p - E \left[ \frac{t_p}{t_{np}} \right] t_{np} \quad (4)$$

где  $E \left[ \frac{t_p}{t_{np}} \right]$  – целое число, которое представляет собой количество прутков заданной длины, которые будут отрезаны от данного раската.

Вычисляют временной интервал, который является эквивалентным длине остатка, который должен быть отрезан аварийными ножницами для того, чтобы длина конечного прутка была кратной длине мерного стержня:

$$t_{ост} = t_k - E \left[ \frac{t_k}{t_m} \right] t_m \quad (5)$$

где  $E \left[ \frac{t_k}{t_m} \right]$  – целое число, представляющее собой количество мерных стержней, которые будут образованы во время раскромки конечного прутка.

Осуществляют отсчет временного интервала  $\Delta t = t_a - t_{ост}$ , по завершении которого выдают команду аварийным ножницам на отрезание и измельчение немерного остатка.

Таким образом, осуществляется корректирование длины раската на выходе из чистовой клетки и обеспечивается ее кратность длине мерного стержня (рис. 1г).

Если после расчета по формуле (4) длина конечного прутка оказывается меньше минимально допустимой длины

$$l_k < l_{np, \min} \quad (6)$$

т. е.  $t_k < \frac{l_{np, \min}}{V}$ , обеспечивают увеличение длины конечного прутка на необходимое количество  $r$  кратностей за счет соответствующего уменьшения длины предыдущих прутков:

$$t'_k = t_k + r \times t_m > \frac{l_{np, \min}}{V} \quad (7)$$

### Выводы

Проведен анализ способов раскромки проката на мелкосортном прокатном стане. Установлено, что если исключить появление немерных концевых прутков на холодильнике во время раскромки раската на летучих ножницах, то выход мерного металлопроката существенно увеличивается. Применение данного способа раскромки исключает появление аварийных ситуаций на стане, которые возникают в следствие застревания укороченных прутков в термоустановке и холодильнике.

Экономически целесообразно применять более современные способы раскромки длинномерного металлопроката, тем более, если исключить появление немерных концевых прутков на холодильнике.

В конечном счете эффективность предлагаемого метода раскромки позволит обеспечить значительную экономию металла, а также сокращение простоев стана.

### Библиографический список

1. Устройство для раскромки мелкосортного раската на заданное число полос: а.с. № 519237, МПК В21В 37/00 / В. С. Егоров, В. А. Цуркан, Г. С. Диниц, М. И. Костюченко, Н. П. Зубаков; Оpubл. 30.06.1976. Бюл. № 24.
2. Егоров В. С. Система автоматизированного управления раскромкой раскатов на стане 250 / В. С. Егоров, О. Е. Потап, В. Н. Куваев [и др.] // Сталь. – 1992. – № 11. – С. 48–50.
3. Праздников А. В. Автоматизация непрерывных мелкосортных станов / А. В. Праздников, В. С. Егоров, С. Д. Гринберг [и др.]. – М.: Металлургия, 1975. – 216 с.
4. Способ управления раскромкой проката на непрерывном мелкосортном стане. Пат. №107908, МПК В21В 37/70 / О. Е. Потап, А. П. Егоров, М. Ю. Кузьменко, О. С. Бешта, В. Н. Куваев, О. О. Бойко; Оpubл. 25.02.2015 г. Бюл. № 4.

Поступила 02.09.2015

