

СИСТЕМА ОПТИМИЗАЦИИ РАСКРОЯ МЕТАЛЛОПРОКАТА НА ЛЕТУЧИХ НОЖНИЦАХ

Папко Т.А., группа АСУ-01а

Руководитель доц. каф. АСУ Фонотов А.М.

Описание задачи. Задача оптимального раскроя материалов является одной из самых важных в ресурсосберегающих технологиях, т.к. ведет к экономии материалов и снижению отходов [1, 2]. Одним из вариантов такой задачи является задача оптимального линейного раскроя металлопроката.

Рассматриваемая задача состоит в разработке автоматизированной системы оптимизации раскроя металлопроката на летучих ножницах. Раскрой такого типа является одномерным. Но задача усложняется тем, что раскрой ведется в режиме реальной прокатки, т.е. на момент прибытия металла к линии летучих ножниц точная его длина еще не известна. Прирост длины раската в стане 500 зависит от сортамента проката, режима прокатки, а также от случайных факторов суммарных обжатий раската валками стана при прокатке.

Технологический процесс (ТП) рассматривается на примере непрерывно заготовочного стана 730/500 (НЗС730/500) [3]. НЗС730/500 состоит из 14 рабочих клеток установленных последовательно в две группы: стан 730 и стан 500. Заготовки транспортируются к НЗС и задаются в первую клетку стана 730, где прокатывают заготовки сечением 125x125 мм. Далее для прокатки более мелкого сечения (кв. 80 мм и 62 мм) заготовки транспортируют рольгангом ко второй группе стана. Перед первой клеткой 2-й группы установлены маятниковые ножницы для зачистки передних концов раскатов.

Порезка заготовки на мерные длины на основной линии осуществляется летучими ножницами за последней клеткой второй группы клеток. Скорость металла на участке летучих ножниц зависит от режима прокатки и может

изменяться в пределах 4,5–6 м/с. Технические пределы длин разрезаемых заготовок: для кв. 80 мм — 10,9–11,8 м, для кв. 62 мм — 11,2–11,8 м.

Схема расположения оборудования приведена на рис. 1.

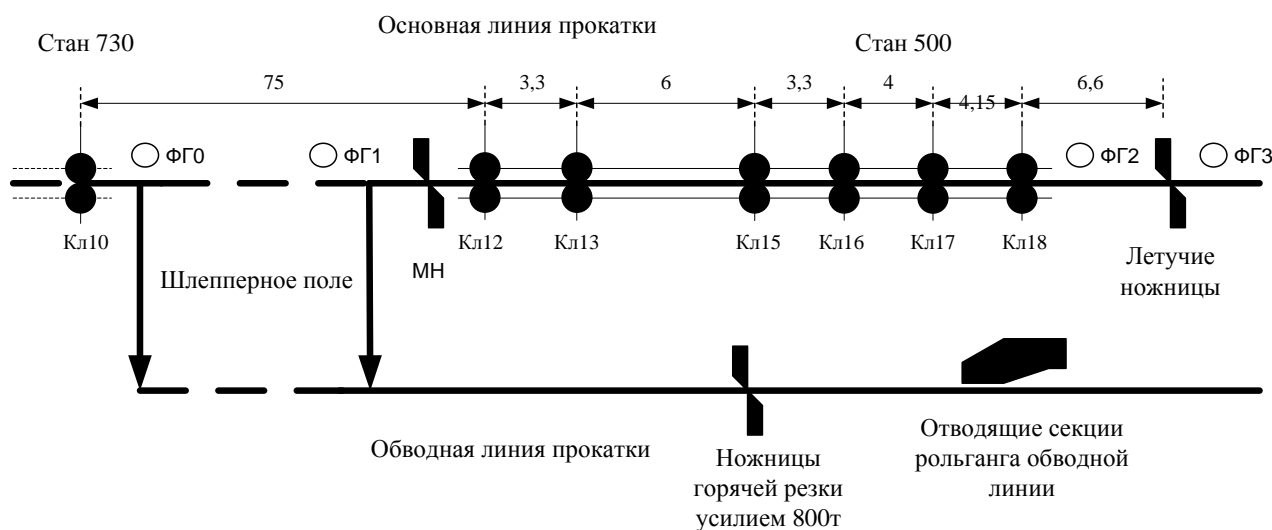


Рисунок 1 — Расположение оборудования НЗС 730/500

Реализация системы. Информация о ТП поступает в систему оптимизации раскроя от датчиков, установленных по ходу ТП: фотодатчики для фиксирования передвижения металла (ФГ0-ФГ3), датчики наличия раската по оси последней клетки стана «730» (ДКл10) и по осям клеток чистовой группы (ДКл12, ДКл13, ДКл15-ДКл18), датчик схождения ножей летучих ножниц.

Согласно [5, 6] оптимизация раскроя металла включает следующие этапы: измерение длины раската после стана «730», прогнозирование его длины после стана «500», построение оптимального плана раскроя, контроль фактической длины штанги и корректировку раскройного плана (рис. 2).

Математическая модель задачи.

Обозначим длину раската после стана «730» L_{730} , а длину раската после стана «500» — L_{500} . Общий коэффициент вытяжки клеток стана «500» — K_{500} . Тогда получим:

$$L_{500} = L_{730} \cdot K_{500}. \quad (1)$$

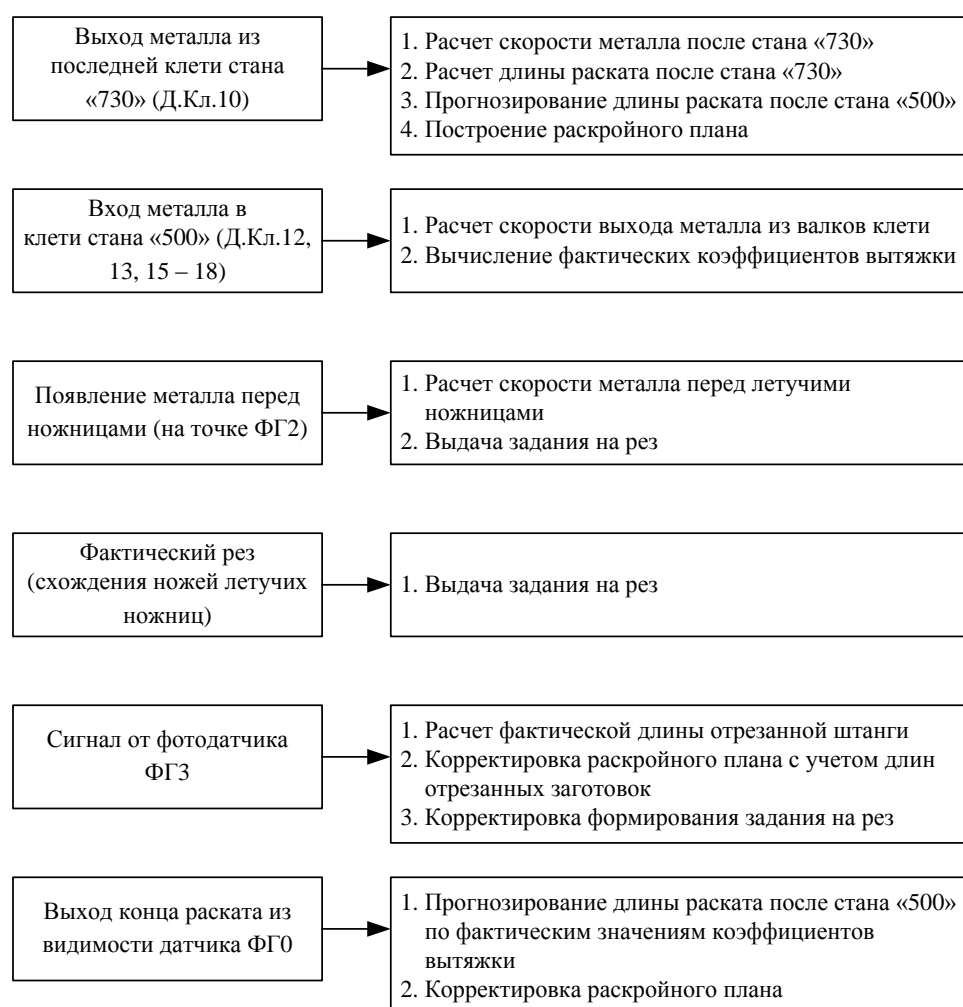


Рисунок 2 — Схема функционирования системы оптимизации раскроя

Пусть l_i — длина i -й штанги. Существует диапазон длин отрезаемых штанг $[l_{\min}; l_{\max}]$, т.е.

$$l_{\min} \leq l_i \leq l_{\max}, \quad (2)$$

Оптимизация раскроя в данном случае предполагает определение l_i по двум критериям:

1) минимизация остатков металла:

$$L^{ост} = L_{500} - \sum_i^n l_i - L_{обр.}^1 - L_{обр.}^2 \rightarrow \min, \quad (3)$$

где $L^{ост}$ — суммарная длина остатков металла при раскрое одной заготовки;

$L_{обр.}^1$ и $L_{обр.}^2$ — величины обрези переднего и заднего конца заготовки; n — число штанг, раскраиваемых из заготовки. Учитывая (2), получим

$$\left[\frac{L_{500}}{l_{\max}} \right] \leq n \leq \left[\frac{L_{500}}{l_{\min}} \right]. \quad (4)$$

2) максимизация длины отрезанной штанги:

$$(l_{\max} - l_i) \rightarrow 0, \quad i=1,2, \dots, n. \quad (5)$$

На начало раскроя точная длина раската после стана «500» не известна, но известно ее прогнозируемое значение L_{500} . Интервал длин раската $[L_{500}^{\min}; L_{500}^{\max}]$ определяется техническими характеристиками НЗС и может быть поделен на диапазоны. Для некоторых из них существует несколько вариантов безостаточного раскроя. Другие без остатка не раскраиваются.

Количество заготовок, для которого нет не раскраиваемых без остатка длин заготовок, $n_{ост}$ определяется из выражения:

$$n^{ост} \geq \frac{l_{\min}}{l_{\max} - l_{\min}}. \quad (6)$$

В условиях рассматриваемой задачи $n_{кв.80}^{ост} \geq 13$ и $n_{кв.62}^{ост} \geq 19$.

Если $n < n_{ост}$ и безостаточный раскрой невозможен, то максимальная величина остатка металла для заготовки составит

$$L_{ост}^{\max} = l_{\max} - \left[\frac{L_{500}^{\min}}{l_{\min}} \right] \cdot (l_{\max} - l_{\min}), \quad (7)$$

Из (7) получим: $L_{ост кв.80}^{\max} = 6,4$ м и $L_{ост кв.62}^{\max} = 5,8$ м.

При определении заданной длины штанги l_3 необходимо определить, к какому диапазону принадлежит длина L_{500} . Если она входит в диапазон длин, раскраиваемых без остатка, то выбирается максимально возможная величина l_3 . В противном случае $l_3 = l_{\max}$ для $(n-1)$ штанг. Длина последней штанги определяется по формуле

$$l_3^n = L_{500} - \left[\frac{L_{500}}{l_{\min}} \right] \cdot l_{\max} + l_{\max} \cdot \quad (8)$$

Программная реализация алгоритма. На основании модели ТП и приведенного алгоритма была разработана модель системы оптимизации раскроя. Проведено исследование результатов работы модели при различных уровнях действия случайных факторов ТП.

На рис. 3, 4 представлены график зависимости результатов функционирования модели системы от стабильности параметров ТП.

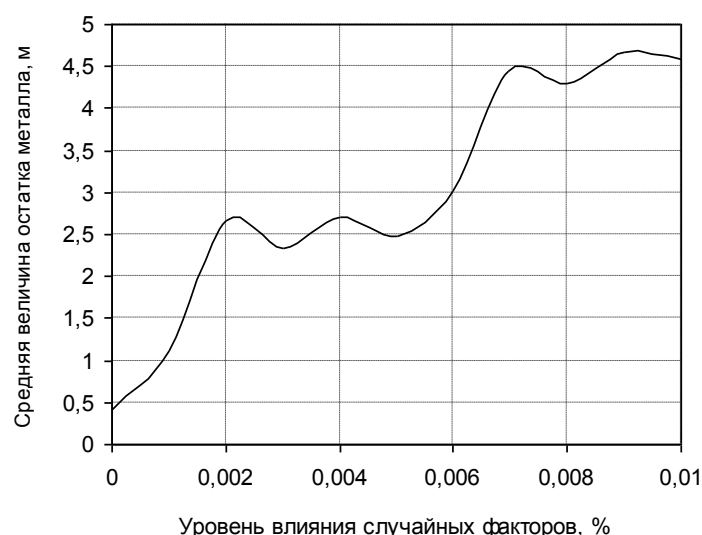


Рисунок 3 — Зависимость остатка металла от влияния случайных факторов

На основании проведенного моделирования можно сделать вывод, что при уменьшении стабильности параметров ТП вследствие влияния случайных факторов, уменьшается эффективность функционирования системы, что отражается в снижении точности прогноза длины раската на выходе стана 500 и увеличении длины неиспользуемого остатка. Для уменьшения этого эффекта необходимо ввести дополнительную обратную связь за счет измерения фактической длины отрезанных штанг с последующей корректировкой раскройного плана и коэффициентов вытяжки.

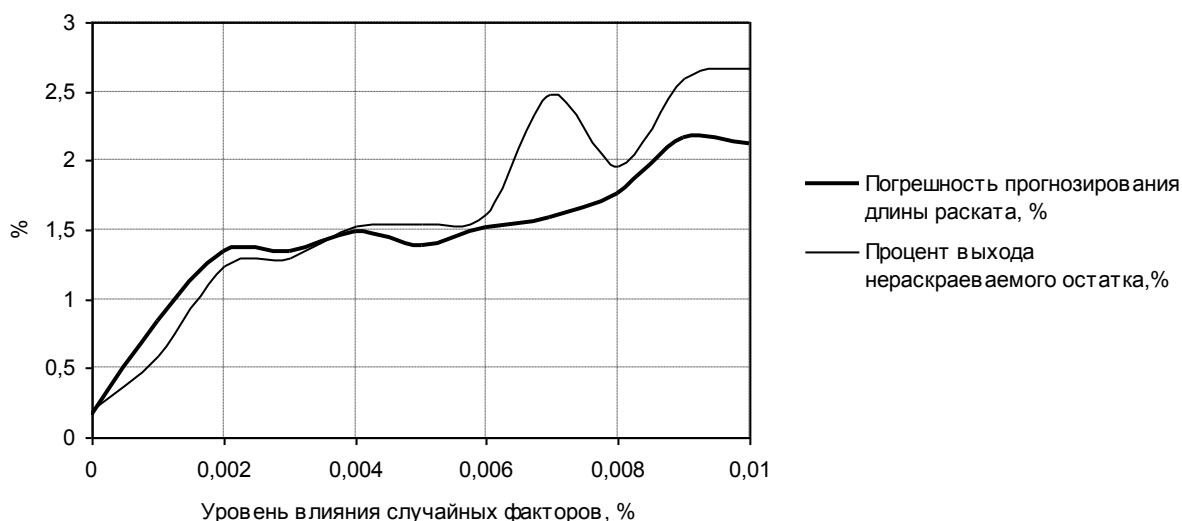


Рисунок 4 — Зависимость результатов функционирования системы оптимизации раскроя от влияния случайных факторов

Перечень ссылок

1. В.Д. Дмитриев, М.Я. Бровман. Справочник прокатчика: Машиностроение и металлургия. — 2-е изд., перераб. и доп. — Донецк: Донбасс, 1986. — 110 с.
2. Бабаев Ф.В. Оптимальный раскрой материалов с помощью ЭВМ. — М: Машиностроение, 1982. — 168 с.
3. Технологическая инструкция «Прокатка слитков и производство заготовок в цехе блюминг №1». — КГГМК «Криворожсталь», 1998. — 98 с.
4. Гусев Б.С., Шевченко О.Г., Нечипоренко В.А. и др. Автоматизированная система управления раскроем проката для непрерывно-заготовочного стана // Металл и литье Украины. 1999. — №5–6. — С. 28–31.
5. М.А. Бабенко, В.Л. Носиков, В.П. Герасимчук и др. Модернизация системы безотходного раскроя металла на летучих ножницах стана 500 цеха блюминг-1 КГГМК «Криворожсталь»// Металлургическая и горнорудная промышленность. 2001. — №2. — С. 119–121.
6. А.М. Емельянов, В.Я. Тишков, С.А. Белуничев и др. Устройство к ножницам прокатного стана для оптимального раскроя проката / Электронный ресурс. Способ доступа: URL: <http://www.fips.ru/cdfi/fips.dll/ru?ty=29&docid=2278768>.