

УДК 621.771

И.В. МироненкоДонецкий национальный технический университет, г. Донецк
кафедра электронной техникиE-mail: owen_11@mail.ru, chichikalo@rumbler.ru**МЕТОДИКА ВЫБОРА СЛИТКОВ ОПТИМАЛЬНОЙ МАССЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МАКСИМАЛЬНОГО ВЫХОДА РАСКРОЯ****Abstract**

Mironenko I.V. Optimal selection metals bars procedure for making maximum length of cutting. The article contain algorithm what determination length of non measured ends. The algorithm aim is bars choice with optimal mass which enable to forecast of cutting result.

Keywords: *rental, hot locomotive object, optimization of length.*

Анотація

Міроненко І.В. Методика вибору злитків оптимальної маси для здобуття максимального виходу розкрою. У статті запропонована методика вибору злитків оптимальної маси та їх кількості, яка враховує фізичні властивості сталі при розрахунку довжини розкату й немірних довжин заготовок.

Ключові слова: *прокат, гарячий рухомий об'єкт, оптимізація довжини.*

Аннотация

Мироненко И.В. Методика выбора слитков оптимальной массы для получения максимального выхода раскроя. В статье предложена методика выбора слитков оптимальной массы и их количества, учитывающая физические свойства стали при расчете длины раската и немерных длин заготовок.

Ключевые слова: *прокат, горячий движущийся объект, оптимизация длины.*

Актуальность задачи. Важность металлургической промышленности для Донбасса переоценить сложно. Проблемы, возникающие в этой отрасли, становятся все более значимыми. Проблема оптимального использования сырья имеет большое значение для многих отраслей промышленности. Для предприятий металлургической промышленности этот вопрос обостряется в связи с кризисом, прогнозируемым на ближайшие 10 лет. Эффективность экономии материальных ресурсов в такой ситуации – важнейший фактор повышения эффективности всего производства и деятельности предприятия в целом. Решение этой задачи непосредственно влияет на себестоимость продукции. Отходы производства составляют значительную часть себестоимости производимой продукции, а значит, минимизация отходов является первоочередной задачей. Одним из важнейших факторов, обеспечивающих экономию проката черных металлов путем минимизации отходов производства, является их рациональный раскрой. Среди мероприятий этого направления одно из ведущих мест занимает автоматизация процесса пореза проката с использованием точных средств измерения, позволяющая повысить коэффициент раскроя и обеспечить оптимальность норм расхода металлоресурсов. В данный момент на многих прокатных производствах металлургических предприятий Украины начался процесс автоматизации раскроя, однако средства измерения длины движущихся горячих тел не обеспечивают необходимую точность и надежность измерений. Возникает потребность в исследовании возможности повышения точности существующих

средств измерений, использовании принципиально новых методов, обеспечивающих работоспособность с учетом свойств горячих тел.

Отсутствие в настоящее время универсального метода и конструкции измерителя, удовлетворяющего всем требованиям и особенностям технологического процесса, стимулирует усовершенствование существующих и поиск новых решений в данной области измерительной техники и является весьма актуальной задачей. Поэтому требуется разработка первичных преобразователей, соответствующих условиям технологического процесса производства проката, способов их установки, математической модели, алгоритмов измерения, а также определение необходимого и достаточного количества датчиков, исследование внешних дестабилизирующих факторов.

Анализ публикации и разработок по теме. Историческое развитие измерительных средств геометрических параметров проката прошло несколько этапов. Для холодного проката традиционно использовались механические, затем электромеханические измерители. Принцип действия таких средств базировался на контакте измерительного ролика с поверхностью изделия. На каждый оборот ролика приходилось определенное количество импульсов, цена каждого импульса определялась диаметром ролика. Подсчет количества импульсов за время соприкосновения с поверхностью проката и умножения на цену импульса давало результат измерения длины. Источники погрешности этого метода являлись: проскальзывание, наслоения грязи и коррозии, непостоянность диаметра ролика из-за износа [1]. С повышением интенсивности и объемов производства требования к точности, быстродействию, надежности измерения выросли, что привело к вытеснению электромеханических контактных методов бесконтактными. С 70-х годов в США, Германии, Японии, Дании и в СССР начали активно разрабатывать бесконтактные измерители скорости и длины преимущественно для металлургических предприятий. Такими являются оптические, акустические и лазерные измерители, использующие доплеровские, корреляционные, времяимпульсные, растровые, эхолокационные методы [2]. Однако всем перечисленным измерителям присущи те или иные недостатки, которые в итоге не удовлетворяют требованиям производства, где необходим контроль движущихся горячих тел. Ни одна разработка не обеспечивает на достаточном уровне оптимальный раскрой, так как не учитывает исходные данные получаемого сортамента (мерных отрезков) и массу слитков, из которых будет получено целое количество этих отрезков с минимальными размерами остатка. Также отсутствуют унифицированные средства измерения механических параметров движущихся горячих тел для всех технологий прокатного производства.

Постановка задачи исследования. Разработать методику выбора слитков для получения максимального выхода раскроя путем расчета вытяжки от слитка к заготовке для различного типа проката, разработки алгоритма выбора типа слитка для получения минимального немерного проката и реализации алгоритма выбора типа слитков в среде программирования Mathcad.

Изложение основного материала. Большинство систем безотходного раскроя металла прогнозируют длину раската, используя понятие коэффициента вытяжки [3]. Используя физические свойства прокатываемого металла, выведем зависимости длин L круглой и квадратной заготовок от размеров их сечения и массы слитков. Результаты представим в табл. 1.

Исходные данные. Сталь разливается в изложницы массой 3,45 т; 5,7 т; 6,5 т; 8,7 т.

Диаметр выпускаемых круглых заготовок специального качества составляет 80-275 мм с шагом 5 мм. Производственный процесс включает удаление поверхностных дефектов на бесцентрово-токарных или абразивно-зачистных станках. Для обеспечения качества поверхности проката с шероховатостью соответствующей $Rz \max 80$ мкм, $Rz \max 100$ мкм производится обточка заготовок на обдирочных станках [4]. Для получения нужного диаметра готовой продукции прокатка слитков на заготовочном стане 950/900 производится с допуском 10 мм. Согласно [5], плотность стали $\rho=7880$ кг/м³.

Построим зависимости $L(m,d)$ для слитков массой 3,45 т; 5,7 т; 6,5 т; 8,7 т и $L(m,a)$ для слитка массой 3,45 т. Из рисунка 1 видно, что изготовление круглой заготовки диаметром 80 мм целесообразно из слитка 3,45 т. С увеличением диаметра заготовки возникает потребность в использовании слитков больших масс. Выбор определенного вида слитков определяется также и требуемой длиной

готовой продукции. Из рисунков 1 и 2 можно определить пределы для измерения общей длины проката. И так, изменение общей длины круглой заготовки 17,3...68,8 м, квадратной — 19,5...43,8 м.

Таблица 1 — Математические зависимости длин заготовок от размеров их сечения и массы слитков

Описание	Круглая заготовка	Квадратная заготовка
Зная массу слитка m и плотность ρ для стали заданной марки находим объем заготовки V из формулы (1)	$\rho = \frac{m}{V},$ (1)	
Объем заготовки V с площадью поперечного сечения S и длиной L	$V = S \cdot L,$ (2)	
Площадь сечения круглой заготовки $S_{кр}$ с диаметром d и квадратной заготовки $S_{кв}$ со стороной квадрата a определим следующим образом	$S_{кр} = \pi \cdot R^2 = \pi \cdot \frac{d^2}{4},$ (3)	$S_{кв} = a^2,$ (4)
Из (2) находим L , подставим в полученное выражение значения для V , выведенное из (1), и S из (3) и (4) для заготовок круглого и квадратного сечения соответственно. Получим зависимости длины от массы и параметров сечения заготовок (для круга и квадрата)	$L(m, d) = \frac{m}{\rho \cdot \pi \cdot \frac{d^2}{4}},$ (5)	$L(m, a) = \frac{m}{\rho \cdot a^2},$ (6)

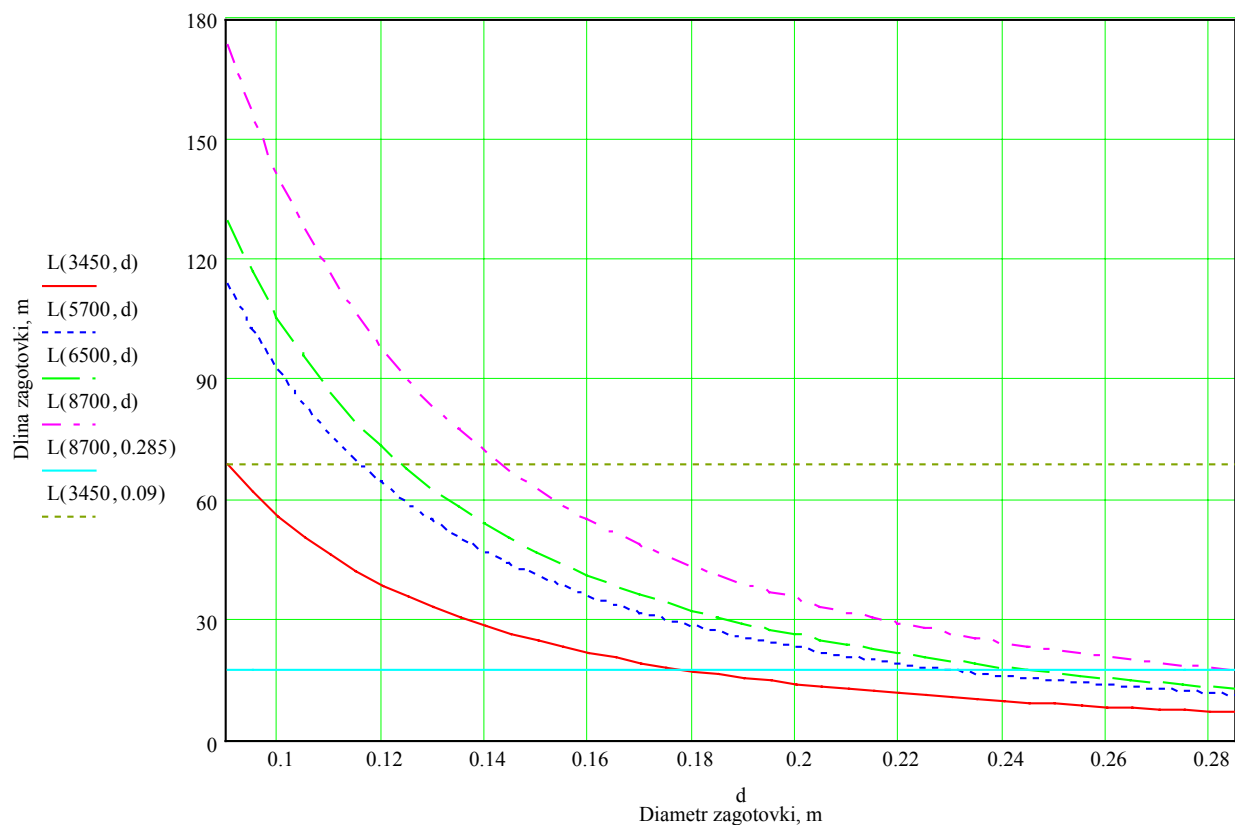


Рисунок 1 — Теоретическая зависимость длины круглой заготовки от требуемого диаметра для слитков различных масс

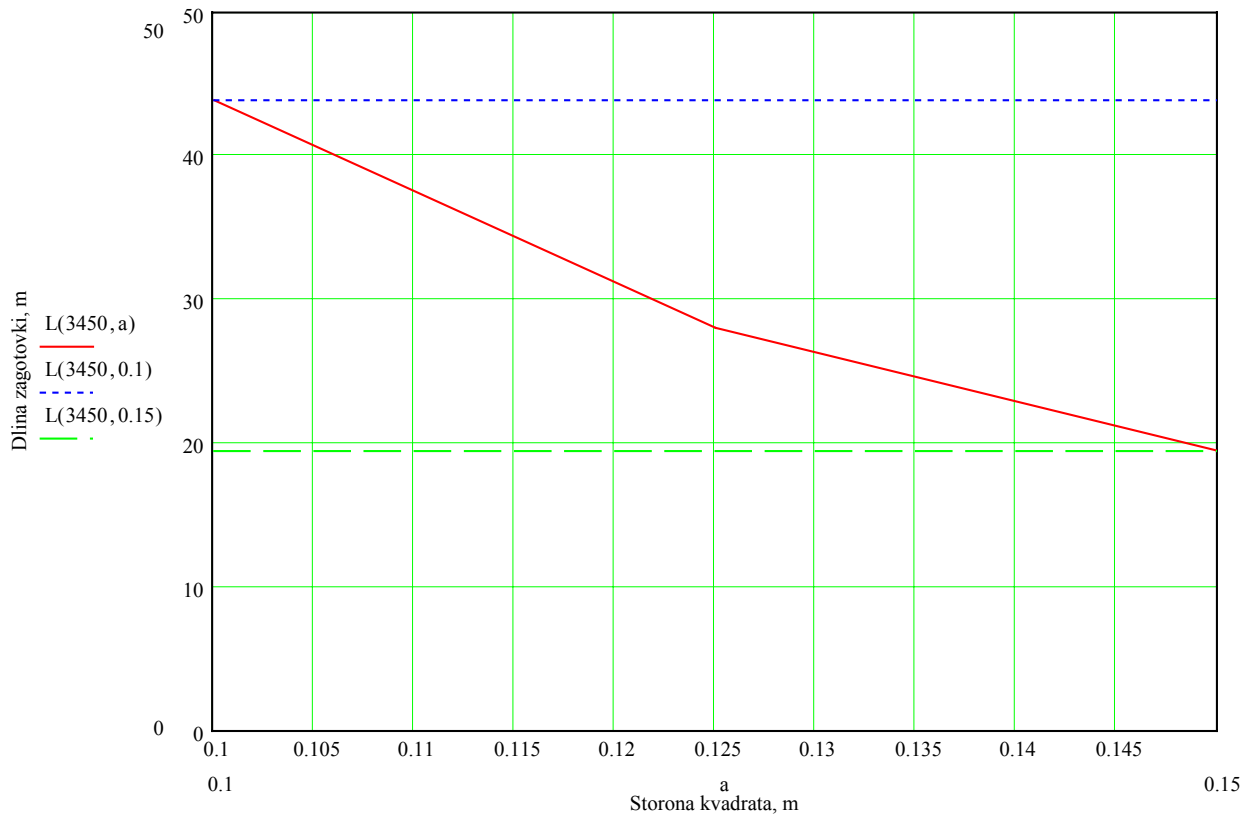


Рисунок 2 — Теоретическая зависимость длины заготовки квадратного проката от размера его сечения для слитка массой 3,45 т

Блок-схема алгоритма выбора типа слитка в упрощенном варианте представлена на рис. 3.



Рисунок 3 — Блок-схема программы выбора типа слитка

Исходными данными являются диаметр заготовки, длина штанги, количество штанг, массы слитков. Условием выполнения цикла является идентификатор типа слитка, который должен быть меньше определенного значения. Цикл содержит две подпрограммы: вычисления немерных длин, т.е. потери на брак, а также вычисления количества слитков, необходимых для выполнения заказа товарной продукции. Отображение результатов позволит сделать выбор типа слитка и их количества.

Реализация алгоритма произведена в вычислительной среде Mathcad 2000 Professional. Использовались следующие средства пакета: элементы программирования, функции $\text{trunc}(x)$ — возвращает целую часть от x , $\text{ceil}(x)$ — возвращает наименьшее целое значение $\geq x$, $\text{mod}(x,y)$ — возвращает остаток от деления x на y .

Значение плотности ρ для различных марок стали может изменяться в пределах 7600...7900 кг/м³. Массив массы слитков имеет четыре значения. Определим эти переменные:

$$\rho := 7.88 \cdot 10^3,$$

$$mk^T = (3450 \ 5700 \ 6500 \ 8700)$$

Определение функции длины круглой заготовки от массы слитка и диаметра сечения согласно (5):

$$L(m, d) := \frac{m}{\rho \cdot \pi \cdot \frac{d^2}{4}}$$

Функция $P(Lz, dz, N)$ возвращает столбец значений потерь на брак в метрах для каждого из типов слитков при раскросе круглой заготовки:

$$P(Lz, dz, N) := \left| \begin{array}{l} \text{for } i \in 0..3 \\ \text{ost} \leftarrow (\text{mod}(L(mk_i, dz + 0.01) - 0.2 - 0.3, Lz)) \\ S \leftarrow \text{ceil} \left(\frac{N}{\text{trunc} \left(\frac{L(mk_i, dz + 0.01) - 0.2 - 0.3}{Lz} \right)} \right) \\ n_i \leftarrow (S \cdot \text{ost}) \end{array} \right|_n$$

Определим значение немерных длин, которые получим при изготовлении 100 штанг диаметром 200 мм и длиной 5,2 м. Подставив числовые значения, получим следующие результаты:

$$P(5.2, 0.2, 100)^T = (87.025 \ 162.667 \ 62.886 \ 2.993)$$

Отсюда следует, что при изготовлении 100 штанг данного размера, наименьшие потери в 2,993 м (4-ый столбец результатов функции $P(5.2, 0.2, 100)$) будут при использовании слитков массой 8,7 т (4-ый столбец массива (8)).

Функция $Sl(Lz, dz, N)$ возвращает столбец значений количества слитков, требуемых для изготовления нужного количества круглых штанг заданного диаметра и длины:

$$Sl(Lz, dz, N) := \begin{array}{l} \text{for } i \in 0..3 \\ \left| \begin{array}{l} S \leftarrow \text{ceil} \left(\frac{N}{\text{trunc} \left(\frac{L(mk_i, dz + 0.01) - 0.2 - 0.3}{Lz} \right)} \right) \\ M_i \leftarrow S \end{array} \right. \\ M \end{array}$$

Определим число слитков, для изготовления 100 штанг диаметром 200 мм и длиной 5,2 м. Подставив числовые значения, получим следующие результаты:

$$Sl(5.2, 0.2, 100)^T = (50 \ 34 \ 25 \ 17)$$

Отсюда следует, что для изготовления 100 штанг данного размера необходимо 17 слитков (4-ый столбец результатов функции Sl(5.2,0.2,100)).

Аналогично выглядят функции нахождения длины заготовки, немерного остатка и количества слитков для квадратного сортового проката. Определение функции длины квадратной заготовки от массы слитка и стороны квадратного сечения согласно (6):

$$L(m, a) := \frac{m}{\rho \cdot a^2}$$

Функция P(Lz,az,N) возвращает столбец значений потерь на брак в метрах для каждого из типов слитков при раскroe квадратной заготовки:

$$P(Lz, az, N) := \begin{array}{l} \text{for } i \in 0..3 \\ \left| \begin{array}{l} \text{ost} \leftarrow (\text{mod}(L(mk_i, az) - 0.2 - 0.3, Lz)) \\ S \leftarrow \text{ceil} \left(\frac{N}{\text{trunc} \left(\frac{L(mk_i, az) - 0.2 - 0.3}{Lz} \right)} \right) \\ n_i \leftarrow (S \cdot \text{ost}) \end{array} \right. \\ n \end{array}$$

Определим значение немерных длин, которые получим при изготовлении 80 отрезков квадратного сечения со стороной квадрата 125 мм и длиной 4 м. Подставив числовые значения, получим следующие результаты:

$$P(4, 0.125, 80)^T = (49.284 \ 14.355 \ 2.043 \ 10.799)$$

Отсюда следует, что при изготовлении 80 отрезков данного размера, наименьшие потери в 2,043 м (3-ый столбец результатов функции P(4,0.125,80)) будут при использовании слитков массой 6,5 т (3-ый столбец массива (8)).

Функция Sl(Lz,az,N) возвращает столбец значений количества слитков, требуемых для изготовления нужного количества квадратных отрезков заданного сечения и длины:

$$Sl(Lz, az, N) := \begin{array}{l} \text{for } i \in 0..3 \\ \left| \begin{array}{l} S \leftarrow \text{ceil} \left(\frac{N}{\text{trunc} \left(\frac{L(mk_i, az) - 0.2 - 0.3}{Lz} \right)} \right) \\ M_i \leftarrow S \end{array} \right. \\ M \end{array}$$

Определим число слитков, для изготовления 80 отрезков квадратного сечения со стороной квадрата 125 мм и длиной 4 м. Подставив числовые значения, получим следующие результаты:

$$Sl(4, 0.125, 80)^T = (14 \ 8 \ 7 \ 5)$$

Отсюда следует, что для изготовления 80 отрезков данного размера необходимо 7 слитков (3-ий столбец результатов функции $Sl(4, 0.125, 80)$).

Выводы.

1. На основании анализа состояния вопроса установлены нерешенные задачи для повышения точности измерения параметров движения горячих тел в технологическом процессе прокатного производства сортового проката и круглых заготовок специального качества.
2. Получены математические зависимости для определения общей длины заготовок требуемого сечения, учитывающие характеристики стали и массу слитков.
3. Установлены математические зависимости для определения остатков немерных длин от требуемых размеров проката при раскросе из слитков различных масс в процессе изготовления круглой и квадратной заготовок.
4. Примерами конкретной реализации методики выбора слитков оптимальной массы для получения максимального выхода раскрося доказана адекватность полученных результатов.

Литература

1. Аронов И. А. Измерение длины изделий в прокатном и трубном производстве. — М.: ЦИНТИАМ, 1963. — 69 с.
2. Каминский Ю.Д., Проскурнев С.Ю., Заманский В.И. Лазерные доплеровские измерители скорости и длины кабелей и проволоки. — <http://www.ruscable.ru/doc/analytic/print.html?pr=/doc/analytic/statya-154.html>
3. М.А. Бабенко, В.Л. Носиков КГГМК «Криворожсталь», В.П Герасимчук, В.И. Кобзарь, В.Я Хижняк ООО «Автомэл». Модернизация системы безотходного раскрося металла на летучих ножницах стана 500 цеха блюминг-1 КГГМК «Криворожсталь» — "Металлургическая и горнорудная промышленность", №2.2001г. — <http://www.uran.donetsk.ua/~masters/2006/kita/papko/library/index.htm>.
4. ИСТИЛ (Украина), 2006. — Круглые заготовки специального качества — http://rus.istil.com.ua/production_round_z.html
5. Кошкин Н. И., Ширкевич М. Г. Справочник по элементарной физике — 6-е изд., стер. — М.: Наука, 1974. — 256 с.

Здано в редакцію:
16.03.2009р.

Рекомендовано до друку:
д.т.н, проф. Чичикало Н.І.