



<https://doi.org/10.21122/1683-6065-2019-4-38-42>  
УДК 621.771

Поступила 04.10.2019  
Received 04.10.2019

## РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ОПТИМАЛЬНОГО РАСКРОЯ ПРУТКА НА СТАНЕ 370/150 ОАО «БМЗ – УПРАВЛЯЮЩАЯ КОМПАНИЯ ХОЛДИНГА «БМК»

*И. А. ПАНКОВЕЦ, ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК», г. Жлобин, Гомельская обл., Беларусь, ул. Промышленная, 37. Тел.: +375-29-12-23-121*

*Рассмотрена актуальная проблема производства сортового проката в прутках на действующем производстве стана 370/150 ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК». Приведена краткая технологическая модель получения сортового проката в прутках, разработан алгоритм системы определения оптимального раскроя сортового проката. Разработанный алгоритм поможет сократить затраты на производство 1 т продукции. Выявлен механизм образования прутков немерной длины, которые, в свою очередь, значительно влияют на расходный коэффициент металла при производстве.*

**Ключевые слова.** Прокатный стан, совершенствование технологии, алгоритм расчета, качество, информационные технологии, механизм образования прутков немерной длины.

**Для цитирования.** Панковец, И. А. Разработка и внедрение автоматизированной системы оптимального раскроя прутка на стане 370/150 ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» / И. А. Панковец // Литье и металлургия. 2019. № 4. С. 38–42. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2019-4-38-42>.

## DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF AN AUTOMATED SYSTEM OF OPTIMAL BAR CUTTING AT THE MILL 370/150 AT OJSC «BSW – MANAGEMENT COMPANY OF THE HOLDING «BMC»

*I. A. PANKOVETS, OJSC «BSW – Management Company of the Holding «BMC», 37, Promyshlennaja Str., Zhlobin, Gomel region, Belarus. Tel.: +375-29-12-23-121*

*The actual problem of production of long products in bars at the current production of mill 370/150 of OJSC «BSW – Management Company of the Holding «BMC» is considered, a brief technological model of obtaining long products in bars is given, an algorithm for determining the optimal cutting of long products is developed. The developed algorithm will help to reduce the cost of production per one ton and increase the competitiveness of the company's products. The mechanism of formation of rods of non – dimensional length, which in turn significantly affect the consumption coefficient of metal in production, is revealed.*

**Keywords.** Rolling mill, technology improvement, calculation algorithm, quality, information technologies, mechanism of formation of bars of non-dimensional length.

**For citation.** Pankovets I. A. Development and implementation of an automated system of optimal bar cutting at the mill 370/150 at OJSC «BSW – Management Company of the Holding «BMC». Foundry production and metallurgy, 2019, no. 4, pp. 38–42 <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2019-4-38-42>

### Введение

В современном мире, при жесткой конкуренции на рынке металлопроката, одним из условий получения высококачественной продукции является непрерывное совершенствование действующей технологической цепочки производства. Один из самых эффективных способов на сегодняшний день – совершенствование прокатного производства за счет внедрения информационных технологий. Внедрение электронных систем проектирования, расчета, контроля и учета производственных процессов – все это неотъемлемая часть современных прокатных станков. Без использования информационных технологий любое предприятие рискует оказаться неконкурентоспособным, так как не сможет обеспечить не только требуемое качество продукции, но и быструю реакцию на рыночные изменения [1].

Цель данной работы – рассмотреть действующую технологию проката в условиях ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» на стане 370/150 при производстве сортового проката на линии прутка; провести анализ существующей технологии с последующим ее совершенствованием за счет разработки и внедрения металлосберегающей технологии в прокатном производстве, которая позволит сократить количество продукции, неудовлетворяющей требованиям потребителей.

### Краткое описание действующей технологии производства

Пластической деформации предшествует нагрев заготовок до температуры выдачи из печи  $1070 \pm 30$  °С. Нагрев заготовок происходит в проходной печи с шагающими балками по кривой нагрева (рис. 1) с последующей выдачей в черновую группу клетей.

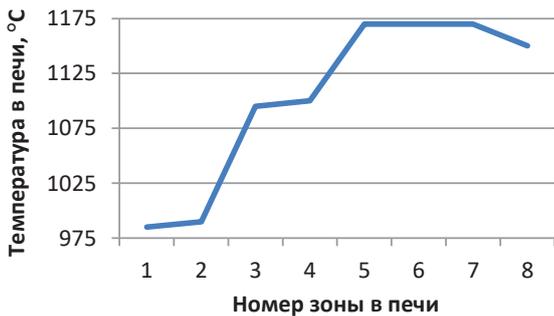


Рис. 1. Кривая нагрева заготовки сечением  $250 \times 300$  мм и длиной до 5500 мм

После нагрева заготовка попадает в линию прокатного стана, которая включает в себя 24 прокатные клетки (рис. 2):

- черновая группа клетей состоит из семи клетей с двойной опорой кассетного типа с горизонтальным и вертикальным расположением валков;
- промежуточная группа клетей состоит из шести клетей с двойной опорой кассетного типа с горизонтальным и преобразуемым расположением валков;
- предчистовая/чистовая группа клетей состоит из восьми клетей кассетного типа с двойной опорой с горизонтальным и преобразуемым расположением валков;
- трехклетьевого редуциционно-калибровочный блок,

используемый для увеличения типоразмера продукции окончательных операций при прокатке, а также для достижения максимально приближенных значений допуска.

Сортамент производства – диаметр от 20 до 80 мм в прутках длиной от 6000 до 12000 мм.

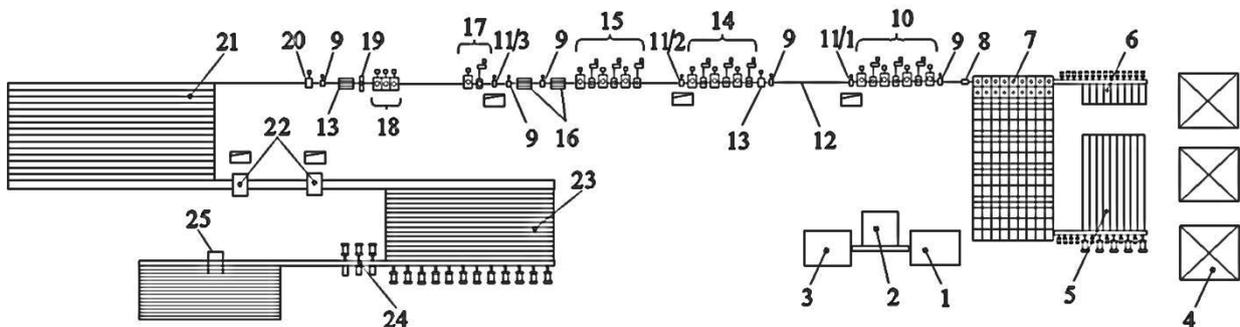


Рис. 2. Упрощенная схема прокатного стана 370/150 при производстве сортового проката в прутках: 1 – дробеструйная установка; 2 – магнитолуминесцентный метод определения дефектов; 3 – шлифовальный станок; 4 – склад заготовок; 5 – загрузочная решетка; 6 – аварийная решетка; 7 – нагревательная печь; 8 – устройство гидросбива окалины; 9 – трайб-аппарат; 10 – 1–7 клетки черновой группы; 11 – зачистные ножицы; 12 – терморольганг; 13 – обрывные ножицы; 14 – 8–13 клетки первой промежуточной группы; 15 – 14–19 клетки второй промежуточной группы; 16 – трасса термоупрочнения; 17 – 20–21 клетки предчистовой группы; 18 – редуциционно-калибровочный блок; 19 – установка измерения диаметра HiGauge; 20 – делительные ножицы; 21 – холодильник; 22 – дисковые пилы; 23 – цепное передающее устройство; 24 – упаковочные машины; 25 – измерительный стенд массы

### Основная проблематика

Анализируя действующее производство в условиях ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» на стане 370/150, можно выявить следующее: при производстве сортового проката в прутках наблюдается повышенный расход металла на производство 1 т продукции. Расход металла для производства 1 т продукции достигает уровня 1080 кг, при норме не более 1050 кг.

Основными причинами являются разброс значений массы заготовки при одинаковой длине реза; несовершенство методики раскрой заготовок на холодильнике.

В данный момент раскрой на холодильнике производится с остатком не целой штанги (раскат, полуфабрикат металлопроката, предназначенный для порезки на мерные прутки), раскрой на мерные штанги не осуществляется из-за разброса до 200 кг по массе заготовки.

Корректирующим действием является стабилизация массы (за счет приоритизации массы, а не длины заготовки) с последующим управляемым процессом раскроя при помощи автоматизированных систем управления оборудованием.

Основа алгоритма системы по раскрою заключается в автоматическом сборе данных. Данные поступают от измерительного стенда на посадке в нагревательную печь, а также от системы автоматического измерения геометрических размеров Hi Gauge с последующим расчетом оптимальной длины раскроя. Полученный теоретический расчет оптимальной длины раскроя интегрируется в параметры работы делительных ножниц.

### Разработка основных принципов и алгоритмов раскроя

Основной принцип по раскрою сортового проката базируется на фундаментальном законе о сохранении массы (закон физики, масса физической системы неизменна от всех природных и искусственных процессов [2]). Баланс металла на одной заготовке можно описать как масса металла заданного в производство (измерение массы на весах при посадке в нагревательную печь), равная сумме массы потерь металла при производстве с массой готового продукта:

$$M_{\text{заг}} = M_{\text{гот}} + M_{\text{обр}}, \quad (1)$$

где  $M_{\text{заг}}$  – масса исходной заготовки;  $M_{\text{гот}}$  – масса готового сорта;  $M_{\text{обр}}$  – масса потерь (обрези). Условие расчета в основе своей включает обязательный учет всего металла, затраченного на проведение технологической операции. Таким образом, суммарная масса потерь при производстве составит:

$$M_{\text{обр}} = m_{\text{угар}} + m_{\text{нож1}} + m_{\text{нож2}} + m_{\text{пил}} = \frac{M_{\text{заг}} n_{\text{угар}}}{1000} + \frac{\pi \rho D_{\text{нож1}}^2 L_{\text{нож1}}}{4} + \frac{\pi \rho D_{\text{нож2}}^2 L_{\text{нож2}}}{4} + \frac{\pi \rho D_{\text{гот}}^2 L_{\text{пил}}}{4}, \quad (2)$$

где  $m_{\text{угар}}$  – масса угара;  $m_{\text{нож1}}$  – масса обрезки на ножницах № 1;  $m_{\text{нож2}}$  – масса обрезки на ножницах № 2;  $m_{\text{пил}}$  – масса обрезки на пиле дисковой;  $L_{\text{нож1}}$  – длина обрезки на ножницах № 1;  $L_{\text{нож2}}$  – длина обрезки на ножницах № 2;  $L_{\text{пил}}$  – длина обрезки на пиле дисковой;  $n_{\text{угар}}$  – норма угара;  $D_{\text{гот}}$  – диаметр готового сорта;  $D_{\text{нож1}}$  – диаметр обрезки на ножницах № 1;  $D_{\text{нож2}}$  – диаметр обрезки на ножницах № 2;  $\pi$  – математическая константа;  $\rho$  – плотность стали. Следующий шаг – определение массы готового продукта, основными параметрами которого являются действительный диаметр прутка и длина раската:

$$M_{\text{гот}} = \frac{\pi \rho D_{\text{гот}}^2 L_{\text{рас}}}{4}, \quad (3)$$

где  $L_{\text{рас}}$  – длина раската на холодильнике. Подставляя (3) и (2) в (1), получаем полный баланс металла. Из полученного выражения находим длину раската:

$$L_{\text{рас}} = \frac{4M_{\text{заг}}}{\pi \rho D_{\text{гот}}^2} \left( 1 - \frac{n_{\text{угар}}}{1000} \right) - \frac{D_{\text{нож1}}^2 V_{\text{нож1}}}{D_{\text{гот}}^2} - \frac{D_{\text{нож2}}^2 V_{\text{нож2}}}{D_{\text{гот}}^2} - \frac{\pi D_{\text{гот}}^2 (L_{\text{пил}} + B_{\text{рез}} N_{\text{рез}})}{4}, \quad (4)$$

где  $B_{\text{рез}}$  – ширина реза на пиле;  $N_{\text{рез}}$  – количество резов. Полученное выражение (4) является универсальным уравнением баланса металла. Зная исходную массу заготовки, можно с высокой точностью рассчитать длину раската. Аналогичным образом, имея определенную длину готового прутка, можно рассчитать необходимую массу заготовки.

Определив уравнение баланса металла, можно перейти к решению основной задачи – возможность управления длиной порезки раската на мерные прутки с целью оптимизации расхода металла на производство одной условной тонны (рис. 3).

Работа по оптимизации раскроя сортового проката в прутках разделяется на два основных этапа.

На первом этапе, при планировании производства, лицо, ответственное за разработку производственного задания, вводит в базис программы технологические параметры производства, такие, как средний угар металла в нагревательной печи, плотность прокатываемого материала, заказную длину прутка, номинальный диаметр прокатываемого профиля. На основе алгоритма оптимального раскроя производится расчет минимальных технологических потерь. Результатом расчета является оптимальная масса заготовки, необходимая для проката с минимально возможными потерями в производстве.

На втором этапе, при непосредственном производстве сортового проката, система оптимального раскроя анализирует полученные данные с измерительного стенда массы заготовок и условиями

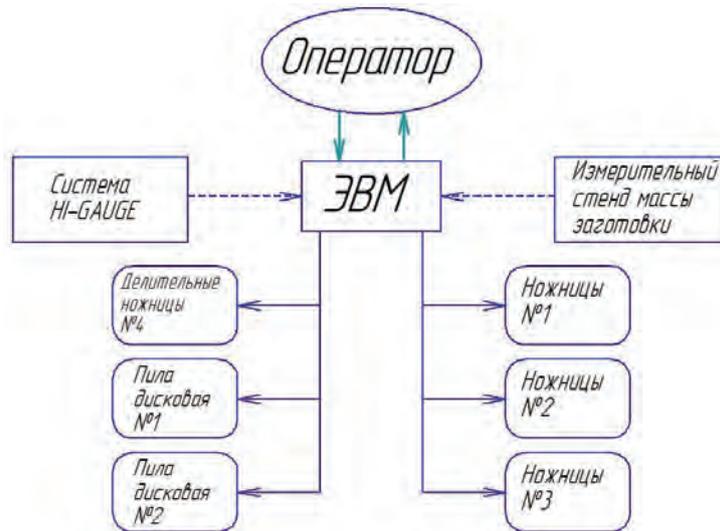


Рис. 3. Основной принцип работы алгоритма

текущего производства, а именно действительная площадь поперечного сечения готового профиля, измеренная после прохождения последнего очага деформации установкой Hi-Gauge.

Получив все необходимые данные, система раскроя производит оптимизацию работы вспомогательного оборудования под непосредственным контролем оператора. Затем оператор выбирает одну из двух предложенных на выбор методик раскроя (рис. 4, 5). Оптимизация работы вспомогательного оборудования заключается в контроле длины реза передних и задних концов раската на ножницах № 1, 2, 3, а также в выставлении упоров на дисковых пилах №1, 2 и контроле длины реза на делительных ножницах № 4.

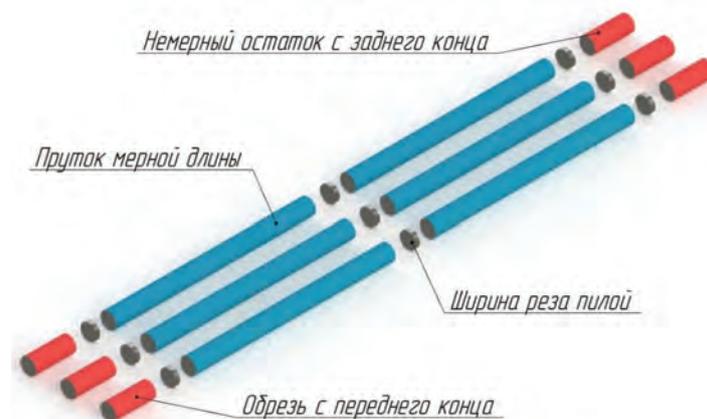


Рис. 4. Раскрой раската на равные части

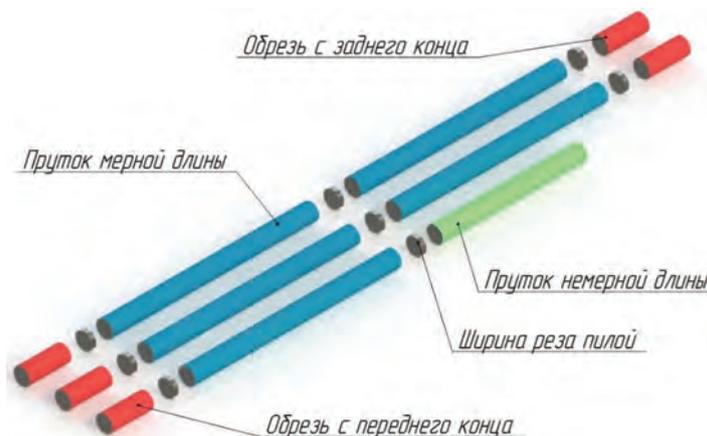


Рис. 5. Раскрой раската с получением прутка ограниченной длины

Основным преимуществом раскроя раската на равные части перед раскромом с получением прутка ограниченной длины является непосредственно отсутствие прутка ограниченной длины, что часто не приемлемо для потребителя. Однако метод раскроя с получением прутка ограниченной длины более прост для прогнозирования и расчета при условии даже незначительного колебания массы заготовки, хотя и расход металла на производство одной условной тонны немного выше, чем у раскроя на равные части.

### **Внедрение системы оптимального раскроя в производство**

Работа по внедрению оптимизации раскроя сортового проката в прутках разделяется также на два основных этапа.

На первом этапе производится теоретический расчет минимально возможного расходного коэффициента при производстве сортового проката номинальным сечением от 70 до 80 мм с определением необходимой массы заготовки. Так как раскат данных профилей производится в одну штангу на холодильнике, соответственно получение минимального расходного коэффициента возможно только при подборе и стабилизации массы заготовки. После необходимых расчетов осуществляется заказ заготовок мерной длины в сталеплавильном цеху, где производится порезка заготовок под конкретный заказ для производства на прокатном стане.

На втором этапе осуществляется теоретический расчет минимально возможного расходного коэффициента при производстве сортового проката номинальным сечением от 20 до 69 мм с определением необходимой массы заготовки и оптимальной длины деления раската на делительных ножницах. Далее выполняется конкретный заказ на порезку заготовок в сталеплавильном цеху для последующего производства на прокатном стане.

Основной причиной образования повышенного расхода металла на производство 1 т продукции является несовершенство методики раскроя заготовок на холодильнике. Разработанный алгоритм определения раскроя сортового проката позволяет прогнозировать риски, связанные с раскромом на холодильнике, а также контролировать сам процесс в момент выполнения операции раскроя.

### **Выводы**

Полученные результаты разработки и внедрения позволили выявить основные причины образования повышенного расходного коэффициента. Проведя описанные выше мероприятия при производстве прутка, удалось снизить расход металла до 1050 кг на производство 1 т продукции.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Саранча С. Ю., Левандовский С. А., Моллер А. Б., Кинзин Д. И. Раскрой на мерные длины в сортопрокатном производстве: постановка задачи и методы ее решения // Производство проката. 2017. № 8. С. 14–20.
2. Джеммер М. Понятие массы в классической и современной физике. М.: Прогресс, 1967. 255 с.

### **REFERENCES**

1. Sarancha S. Ju., Levandovskij S. A., Moller A. B., Kinzin D. I. Raskroj na mernye dliny v sortoprokatnom proizvodstve: postanovka zadachi i metody ee reshenija [Cutting to measured lengths in section rolling production: statement of the problem and methods for solving it]. *Proizvodstvo prokata = Rental Production*, 2017, no.8, pp. 14-20.
2. Dzhemmer M. *Ponjatie massy v klassicheskoj i sovremennoj fizike* [The concept of mass in classical and modern physics]. Moscow, Progress Publ., 1967, 255 p.