



УДК 669

Поступила 06.10.2021

## СНИЖЕНИЕ МИНИМАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ НАГРЕВА БЛЮМОВ С ЦЕЛЬЮ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ МЕЛКОСОРТНО-ПРОВОЛОЧНОГО СТАНА 370/150

С. Н. ШЕХУРДИН, С. А. САВЧЕНКО, ОАО «БМЗ — управляющая компания холдинга «БМК», г. Жлобин, Гомельская обл., Беларусь, ул. Промышленная, 37. E-mail: prokat.ntu@bmz.gomel.by; Тел.: +375–29–7629037.

И. В. АСТАПЕНКО, Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», г. Гомель, Беларусь, пр-т Октября, 48. E-mail: astapenko@tut.by; тел.+375 (29) 6540086

*В настоящее время, согласно современной тенденции, направленной на постоянное улучшение, возникла производственная необходимость в снижении топливно-энергетических ресурсов, а также издержек и повышении прибыли от производимой продукции. В данной работе выполнен теоретический расчет минимального времени нагрева заготовок номинальным сечением 250×300 мм, длиной 3150 мм и проведены практические испытания производства продукции согласно расчетам на линии катанки стана 370/150 ОАО «БМЗ — управляющая компания холдинга «БМК». Исследована скорость перестройки поля температуры внутри рассматриваемой системы, которая прямо пропорционально зависит от размеров тела и коэффициента его температуропроводности. Проведена оценка нагрузок технологического оборудования с минимальным временем нагрева блюма перед прокаткой. Рассчитана и дана оценка производительности стана согласно фактически полученным данным. Снижены условно постоянные расходы при производстве катанки для группы с высокой производительностью. Проведена оценка возможности увеличения годовой производительности стана.*

**Ключевые слова.** Нагрев, прокатка, производительность.

## REDUCING THE MINIMUM HEATING TIME FOR BLOOMS IN ORDER TO INCREASE THE PRODUCTIVITY OF THE WIRE ROD MILL 370/150

S. N. SHEKHURDIN, S. A. SAVCHENKO, OJSC “BSW — Management Company of the Holding “BMC”, Zhlobin, Gomel region, Belarus, 37, Promyshlennaya str. E-mail: prokat.ntu@bmz.gomel.by

I. V. ASTAPENKO, Gomel State Technical University named after P. O. Sukhoi, Gomel, Belarus, 48, Oktyabrya ave. E-mail: astapenko@tut.by

*Currently, according to the modern trend aimed at constant improvement, there is a production need to reduce fuel and energy resources, as well as costs and increase the profitability of manufactured products. In this work, a theoretical calculation of the minimum heating time of billets with a nominal cross-section of 250 × 300 mm and a length of 3150 mm and practical tests of the production of products according to the calculations on the wire rod line of the 370/150 mill of ОАО BMZ — the management company of the BMC holding has been carried out. The system under consideration, which is directly proportional to the body size and the coefficient of its thermal diffusivity. The assessment of the loads of the technological equipment with the minimum heating time of the bloom before rolling. Calculated and evaluated the productivity of the mill according to the data actually obtained. Reduced conditionally fixed costs in the production of wire rod for a group with high productivity The assessment of the possibility of increasing the annual productivity of the mill has been made.*

**Keywords.** Heating, rolling, productivity.

Требуемое время нагрева в нагревательной печи мелкосортно-проволочного стана 370/150 заготовки номинальным сечением 250×300 мм (блюма) и длиной 3150 мм (наиболее часто используемой при производстве катанки) составляло 157 мин. Данное время нагрева применялось для всего сортамента не зависимо от длины нагреваемого блюма [1, 2].

Для определения возможности снижения времени нагрева, минимальной длины используемого блюма основной акцент был сделан на следующие аспекты:

- произвести теоретический расчет нагрева заготовки номинальным сечением 250×300 мм и длиной 3150 мм (данная длина блюма при производстве катанки имеет высокие производительные

характеристики), который подтверждает возможность равномерного нагрева по сечению материала за меньшее время общего нахождения заготовки в нагревательной печи стана 370/150;

- при необходимости увеличить верхние температурные пределы по зонам нагревательной печи, соблюдая основные механико-технологические характеристики огнеупорного материала, предоставленные заводом-изготовителем;
- во время проведения испытаний также контролировать увеличение нагрузок (крутящий момент) на прокатном стане в процентном отношении на электродвигатели при производстве катанки;
- контролировать температуру поверхности нагреваемой заготовки по показаниям установленного после нагревательной печи стационарного пирометра.

### Теоретический расчет нагрева блюмов

Одним из главных критериев снижения времени нагрева, не оказывающего влияние на получение требуемых свойств готового материала, является проведенный теоретический расчет блюма длиной 3150 мм.

На основании данных для расчета минимального времени нагрева необходимо определить значения критерия Био и температурного критерия [3–10].

Число Био — это один из критериев подобия стационарного теплообмена между нагретым или охлажденным твердым телом и окружающей средой:

$$Bi = \frac{\alpha S}{\lambda_{эф}}, \quad (1)$$

где  $S$  — характерный геометрический размер изделия;  $\lambda_{эф}$  — эффективная теплопроводность садки, Вт/(м·К);  $\alpha$  — коэффициент теплопередачи, Вт/(м·К).

Температурный критерий рассчитывается по формуле:

$$\Theta = \frac{t_{п} - t_{пов}}{t_{п} - t_0}, \quad (2)$$

где  $t_{п}$  — температура печи;  $t_{пов}$  — требуемая температура поверхности непрерывнолитой заготовки;  $t_0$  — температура поверхности непрерывнолитой заготовки.

Исходя из полученных значений, по графикам Будрина, было найдено число Фурье.

Зная число Фурье, находим время нагрева в каждой зоне.

Число Фурье — это один из критериев подобия нестационарных тепловых процессов. Характеризует соотношение между скоростью изменения тепловых условий в окружающей среде и скоростью перестройки поля температуры внутри рассматриваемой системы (тела), который зависит от размеров тела и коэффициента его теплопроводности.

Время нагрева зоны:

$$\tau_{н} = \frac{Fo \cdot s^2}{a}, \quad (3)$$

где  $Fo$  — число Фурье;  $a$  — коэффициент теплоотдачи, м<sup>2</sup>/с.

Для нахождения общего времени нагрева было просуммировано время всех зон:

$$\tau_{общ} = \tau_0 + \tau_{1-2} + \tau_{3-4} + \tau_{5-8} = 86,7 + 24,38 + 7,84 + 5,30 = 124,22 \text{ мин.} \quad (4)$$

Для выравнивания температуры по сечению заготовки общее время нагрева садки составило:

$$\tau = 1,12 \tau_{общ} = 139 \text{ мин.} \quad (5)$$

### Производство проката

При отработке режимов нагрева корректировка температурного режима по зонам в печах не потребовалась, так как температуры нагрева соответствовали производственным требованиям. В процессе отработки технологии основным контролируемым параметром являлась температура поверхности заготовок после прохождения установки гидросбива и находилась в требуемом диапазоне 1100±50 °С.

При проведении исследований прокатываемый сортамент диапазоном от 5,5 до 18,5 мм разделен на две группы для достижения оптимальных результатов и объективной оценки:

- 1) группа с низкой производительностью — прокат катанки диапазоном от 5,5 до 7,9 мм;
- 2) группа с высокой производительностью — прокат катанки диапазоном от 8,0 до 18,5 мм.

Основная работа по снижению времени нагрева заготовки основывалась на производстве материала, входящем во вторую группу, так как производство по первой группе катанки не требовало снижения времени нагрева по причине низкой производительности проката.

### Экономический эффект

Анализируя фактические данные, полученные в результате исследования, производительность стана в группе с высокой производительностью возросла на 35 т/ч.

Оценивая нагрузки (крутящего момента в процентном отношении) на электродвигатели при производстве катанки, превышение допустимого уровня свыше 100% не наблюдалось, фактические значения составляли от 50 до 80% в момент захвата раската валками, что не противоречит технической документации.

Ввиду роста объемов производства для группы с высокой производительностью сокращение условно постоянных расходов составило 0,75% от стоимости 1 т производимой продукции.

### Выводы

1. Выполнены и подтверждены производственными испытаниями теоретические расчеты для снижения нагрева блюма длиной 3150 мм, позволяющие обеспечить безаварийную работу оборудования и требуемый уровень механических и технологических свойств готового проката.

2. Нагрузки на электродвигатели главных приводов прокатных клетей (крутящего момента при штатной частоте вращения) не превышали допустимого уровня, что позволяет судить о достаточности времени нагрева для обеспечения требуемого уровня сопротивления пластической деформации металла.

3. Производительность стана в группе с высокой производительностью прокатки была увеличена на 35 т/ч. В группе с низкой производительностью снижение времени нагрева не наблюдалось. Снижение условно постоянных расходов составило 0,75% от стоимости одной тонны производимой продукции.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Оценка эффективности режимов гомогенизирующего отжига подшипниковых марок сталей на ОАО «БМЗ — управляющая компания холдинга «БМК» / С. А. Савченко, В. И. Возная, И. В. Астапенко // Вест. ГГТУ им. П. О. Сухого. № 2. 2021. С. 52–61.
2. Исследование факторов, способствующих снижению карбидной неоднородности в подшипниковых марках стали / И. А. Панковец, С. А. Савченко, В. И. Возная, М. Н. Верещагин, И. В. Астапенко // Черная металлургия. Бюл. науч.-техн. и экон. информации. 2021. Т. 77. № 7. С. 804–810.
3. **Логачев, М. В.** Расчеты нагревательных устройств. Ч. 1. Расчет пламенных печей / М. В. Логачев, Н. И. Иваницкий, Л. М. Давидович. Мн.: БНТУ, 2007. 160 с.
4. **Зобнин, Б. Ф.** Теплотехнические расчеты металлургических печей: Учеб. пособие для студентов вузов. Изд. 2-е. М.: Металлургия. 1982, 360 с.
5. **Мастрюков Б. С.** Теория, конструкция и расчеты металлургических печей. М.: Металлургия, 1978. 272 с.
6. **Смирнов, М. А.** Термическая обработка металлов: учеб. пособие / М. А. Смирнов, Т. А. Попова. Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2000. 116 с.
7. **Гольдштейн, М. Н.** Специальные стали: учеб. для вузов / М. Н. Гольдштейн, С. В. Грачев, Ю. Г. Векслер. 2-е изд., перераб. и доп. М.: МИСИС, 1999. 408 с.
8. **Сорокин В. Г.** Марочник сталей и сплавов. М.: Машиностроение, 1989. 640 с.
9. **Смирнов, М. А.** Основы термической обработки стали: учеб. пособие / М. А. Смирнов, В. М. Счастливцев, Л. Г. Журавлев. Екатеринбург: УрОРАН, 1999. 496 с.
10. **Корягин, Ю. Д.** Расчеты термического оборудования: учеб. пособие / Ю. Д. Корягин, Ю. Г. Эйсмонт. Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 1998. 161 с.