



UDC 621.783.223:621.365

DOI 10.17073/0368-0797-2023-5-613-615



Short report
Краткое сообщение

ON THE STUDY OF PULSED METAL HEATING

A. D. Apasova, I. A. Levitskii, K. S. Shatokhin

■ National University of Science and Technology “MISIS” (4 Leninskii Ave., Moscow 119049, Russian Federation)

✉ annhope@bk.ru

Abstract. The work makes it possible to simplify development of pulsed metal heating technology. A software product was created to select the optimal values of operating parameters of pulsed heating on a mathematical model, which significantly reduces the setup time of a thermal unit using this technology. Test calculations showed adequacy of the results obtained to the operating parameters of functioning through-pass heating furnaces equipped with high-speed jet burners. The problems of controlling metal heating became particularly relevant due to the proliferation of high-performance rolling mills and increasing requirements for the quality of metal heating. In this regard, full implementation of the research program will make it possible to develop specific recommendations for increasing the productivity of heating furnaces and improving their energy efficiency.

Keywords: heating mode, automatic process control system, impulse heating, heat furnaces, mathematical model, gas burner, temperature, metal

For citation: Apasova A.D., Levitskii I.A., Shatokhin K.S. On the study of pulsed metal heating. *Izvestiya. Ferrous Metallurgy*. 2023;66(5): 613–615. <https://doi.org/10.17073/0368-0797-2023-5-613-615>

К ИССЛЕДОВАНИЮ ИМПУЛЬСНОГО НАГРЕВА МЕТАЛЛА

А. Д. Апасова[✉], И. А. Левицкий, К. С. Шатохин

■ Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» (Россия, 119049, Москва, Ленинский пр., 4)

✉ annhope@bk.ru

Аннотация. Результаты данной работы позволяют упростить отработку технологии импульсного нагрева металла. Создан программный продукт для подбора оптимальных значений режимных параметров импульсного нагрева на математической модели, что существенно сокращает время наладки теплового агрегата, использующего эту технологию. Тестовые расчеты показали адекватность полученных результатов режимным параметрам функционирующих проходных нагревательных печей, оснащенных скоростными струйными горелками. Проблемы управления нагревом металла стали особенно актуальны в связи с распространением высокопроизводительных прокатных станов и все более повышающимися требованиями, предъявляемыми к качеству нагрева металла. В связи с этим, полная реализация программы исследований позволит выработать конкретные рекомендации по увеличению производительности нагревательных печей и улучшению показателей их энергоэффективности.

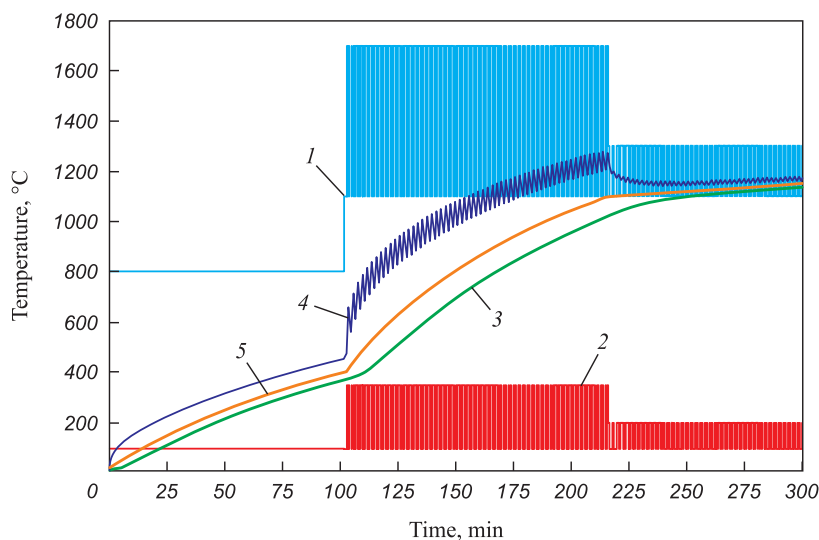
Ключевые слова: режим нагрева, АСУ ТП, импульсный нагрев, нагревательные печи, математическая модель, газовая горелка, температура, металл

Для цитирования: Апасова А.Д., Левицкий И.А., Шатохин К.С. К исследованию импульсного нагрева металла. *Известия вузов. Черная металлургия*. 2023;66(5):613–615. <https://doi.org/10.17073/0368-0797-2023-5-613-615>

The pursuit of hidden reserves of energy-saving measures and their utilization represents a crucial factor in enhancing the competitiveness of products. Among finished products, rolling production ranks second in terms of energy consumption, following blast furnace ironmaking. Notably, gas and electricity constitute 95 % of the costs, with 60 % allocated to the heating of ingots for the rolling process [1].

When calculating energy costs in the technological process of metal heating, several approaches are considered:

- manufacturing furnaces with minimal heat release into the environment and the impact of these losses on the metal heating process;
- achieving optimum metal processing temperatures within a shorter duration;



Pulse mode of metal heating:

1 – temperature of the medium, °C; 2 – heat transfer coefficient, $W/(m^2 \cdot K)$; 3 – ingot center temperature, °C;
4 – ingot surface temperature, °C; 5 – ingot average temperature, °C

Импульсный режим нагрева металла:

1 – температура среды, °C; 2 – коэффициент теплоотдачи, $Вт/(м^2 \cdot К)$; 3 – температура центра заготовки, °C;
4 – температура поверхности заготовки, °C; 5 – средняя температура заготовки, °C

– enhancing the automatic process control system [2–4].

The method employed for heating metal ingots, adhering to specified requirements, must achieve optimal temperature conditions within a brief period while exerting localized effects yet transferring adequate heat for processing ingots have a localized effect, but at the same time transfer enough heat to process ingots. Pulse modes of metal heating are considered a technology that fulfills these criteria.

High-speed jet burners operating on natural gas constitute the primary class of burner devices utilized in pulsed heating systems [5]. Pulsed heating relies on either an automatic interrupt-based positioning system or an interruption system with adjustable pulse frequency and ratio, where the “on-off” period ranges from 0.5 to 2.5 min. The convection coefficient a_{conv} can reach $300 W/(m^2 \cdot K)$ or higher [6].

Determining the operating mode of the burners is typically achieved through experimentation during the setup of thermal generating units, a process that is time-consuming due to the high thermal inertia of furnaces. Hence, it is advisable to preliminarily determine the operating parameters of pulsed heating using a mathematical model.

A program has been developed to simulate the outcomes of the following process: an ingot in the form of a plate or cylinder, possessing a homogeneous temperature field, is placed within a through-pass heating furnace. In this setup, the zones are defined with specific temperatures and a_{conv} values corresponding to the “on” and “off” states of burners. The “on – off” modes switch

once the set heating time t or the set temperature difference ΔT across the ingot’s thickness is reached.

The provided figure illustrates the furnace temperature conditions and the metal heating interval, considering the following parameters:

– temperature in the methodical zone without burners: $800\text{ }^{\circ}\text{C}$, a_{conv} : $100 W/(m^2 \cdot K)$;

– temperature and a_{conv} in the welding zone for the “on” and “off” modes: $1700\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $300 W/(m^2 \cdot K)$, $1100\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $100 W/(m^2 \cdot K)$, respectively;

– temperature and a_{conv} in the soaking zone for the “on” and “off” modes: $1300\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $200 W/(m^2 \cdot K)$, $1100\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $100 W/(m^2 \cdot K)$, respectively;

– burners’ operation and shutdown time: 1 min.

CONCLUSIONS

The software product has been developed to optimize the operating parameters for pulsed heating of metal in through-pass heating furnaces.

Successful implementation of the research program will enable the formulation of recommendations aimed at improving furnace productivity and enhancing the energy efficiency of the ingot heating process.

REFERENCES / СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Fastyskovskii A.R. Energy saving technology for rolling varietal profiles. *Tekhnicheskie nauki – ot teorii k praktike*. 2016;11(59):52–56. (In Russ.).

- Фастыковский А.Р. Энергосберегающие технологии получения сортовых прокатных профилей. *Технические науки – от теории к практике*. 2016;11(59):52–56.
2. Korobeinikov V.V., Tkachenko S.S. Energy saving heating units of new generation. *Lit'e i metallurgiya*. 2017;3(88):34–38. (In Russ.).
- Коробейников В.В., Ткаченко С.С. Энергосберегающие нагревательные агрегаты нового поколения. *Литье и металлургия*. 2017;3(88):34–38.
3. Panferov V.I. About economic management of heating metal in industrial furnaces. *Vestnik YuUrGU. Series: Computer technologies, control, radio electronics*. 2018;18(2):71–80. (In Russ.). <https://doi.org/10.14529/ctcr180207>
- Панферов В.И. Об экономичном управлении нагревом металла в промышленных печах. *Вестник ЮУрГУ. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника*. 2018;18(2):71–80. <https://doi.org/10.14529/ctcr180207>
4. Andreev S.M., Parsunkin B.N., Akhmetov T.U. Perfecting information support energy-saving modes of heating metal. *Russian Internet Journal of Industrial Engineering*. 2015;3(2):122–127. (In Russ.).
- Андреев С.М., Парсункин Б.Н., Ахметов Т.У. Совершенствование информационного обеспечения энергосберегающих режимов нагрева металла. *Машиностроение: сетевой электронный научный журнал*. 2015;3(2):122–127.
5. Boom R. Research fund for coal and steel RFGS: a European success story. *Ironmaking & Steelmaking*. 2014;41(9):647–652. <https://doi.org/10.1179/0301923314Z.000000000313>
6. Sibikin Yu.D., Sibikin M.Yu. *Technology of Energy Saving*. Moscow: FORUM, INFRA-M; 2006:352. (In Russ.).
- Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю. *Технология энергосбережения*. Москва: ФОРУМ, ИНФРА-М; 2006:352.

Information about the Authors

Сведения об авторах

Anna D. Apasova, Postgraduate of the Chair “Energy-Efficient and Resource-Saving Industrial Technologies”, National University of Science and Technology “MISIS”
E-mail: annhope@bk.ru

Анна Дмитриевна Апасова, аспирант кафедры энергоэффективных и ресурсосберегающих промышленных технологий, Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»
E-mail: annhope@bk.ru

Igor' A. Levitskii, Cand. Sci. (Eng.), Assist. Prof. of the Chair “Energy-Efficient and Resource-Saving Industrial Technologies”, National University of Science and Technology “MISIS”
ORCID: 0000-0002-9345-3628
E-mail: lewwwis@mail.ru

Игорь Анисимович Левицкий, к.т.н., доцент кафедры энергоэффективных и ресурсосберегающих промышленных технологий, Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»
ORCID: 0000-0002-9345-3628
E-mail: lewwwis@mail.ru

Konstantin S. Shatokhin, Cand. Sci. (Eng.), Assist. Prof. of the Chair “Energy-Efficient and Resource-Saving Industrial Technologies”, National University of Science and Technology “MISIS”
E-mail: shatohin_ks@mail.ru

Константин Станиславович Шатохин, к.т.н., доцент кафедры энергоэффективных и ресурсосберегающих промышленных технологий, Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»
E-mail: shatohin_ks@mail.ru

Contribution of the Authors

Вклад авторов

A. D. Apasova – model construction, calculations.
I. A. Levitskii – consulting on model construction.
K. S. Shatokhin – conceptualization.

А. Д. Апасова – построение модели, выполнение расчетов.
И. А. Левицкий – консультации в построении модели.
К. С. Шатохин – концепция исследования.

Received 23.06.2023
Revised 22.07.2023
Accepted 29.08.2023

Поступила в редакцию 23.06.2023
После доработки 22.07.2023
Принята к публикации 29.08.2023