

DOI: 10.37791/2687-0649-2024-19-1-113-124

Нейросетевое прогнозирование дефектов производства металлургической продукции

Л.Н. Ясницкий^{1,2*}, М.А. Голдобин³

¹Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

²Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» в Перми, Пермь, Россия

³АО «ОДК-Пермские моторы», Пермь, Россия

*yasn@psu.ru

Аннотация. Статья посвящена решению актуальной проблемы снижения брака изделий, выпускаемых на серийных сталеплавильных заводах. Для изучения закономерностей образования брака создана нейросетевая модель, прогнозирующая образование дефектов типа «трещина» для отливок, производимых мартеновским способом. Для обучения нейросетевой модели использовались статистические данные о химическом составе рудного сырья и соответствующих значениях процента брака. Данные были получены в условиях действующего непрерывного крупносерийного производственного процесса, что привело к высокой степени зашумленности информации как по химическому составу рудного сырья, так и по результатам его термической обработки. Выбросы и зашумленность статистической информации обнаруживались и удалялись с помощью оригинальной авторской методики. Нейросетевая модель управления теплофизическими и химико-энерготехнологическими процессами термической обработки рудного сырья была создана на базе искусственной нейронной сети перцептронного типа с сигмоидными активационными функциями. Путем проведения виртуальных компьютерных экспериментов над нейросетевой моделью выявлены важные зависимости вероятности образования исследуемых дефектов от содержания примесей: марганца, фосфора, кремния, хрома и серы. Подтверждена гипотеза о том, что снизить процент образования брака литейной продукции можно не обнаруживая и не устраняя его первопричину. На основе выявленных взаимозависимостей между параметрами теплофизических и химико-энерготехнологических процессов термической обработки сформулированы практические рекомендации по снижению процента брака путем корректировки химического состава рудного сырья. Применение полученных практических рекомендаций позволило более чем в два раза снизить процент брака изделий, производимых в условиях крупносерийного производственного процесса.

Ключевые слова: нейросетевая модель, прогнозирование брака, рудное сырье, химический состав, брак литейных изделий, мартеновская печь

Для цитирования: Ясницкий Л.Н., Голдобин М.А. Нейросетевое прогнозирование дефектов производства металлургической продукции // Прикладная информатика. 2024. Т. 19. № 1. С. 113–124. DOI: 10.37791/2687-0649-2024-19-1-113-124

Neural network forecasting of defects in the production of metallurgical products

L. Yasnitsky^{1,2*}, M. Goldobin³

¹Perm State National Research University, Perm, Russia

²National Research University Higher School of Economics in Perm, Perm, Russia

³JSC "ODK-Perm Motors", Perm, Russia

*yasn@psu.ru

Abstract. The paper is devoted to the current problem of reducing the percentage of defective products produced at serial steelmaking plants. To study the patterns of defect formation, a neural network was created that predicts the formation of defects such as "crack" in castings produced by the open-hearth method. To train the neural network, statistical data on the chemical composition of ore raw materials and the corresponding values of the percentage of defects were used. The data was taken under the conditions of an ongoing serial production process, which led to a high degree of noise in the information both on the chemical composition of the ore raw material and on the mechanical properties based on the results of its heat treatment. Outliers of statistical information were detected and removed using the original author's neural network technique. A neural network model for controlling thermophysical and chemical-energy-technological processes of thermal processing of ore raw materials was created on the basis of a perceptron-type neural network with sigmoid activation functions. By conducting virtual computer experiments on a neural network model, some important dependences of the probability of formation of the defects under study on the content of manganese, phosphorus, silicon, chromium and sulfur were identified. Based on the identified dependencies, practical recommendations have been developed to reduce the percentage of defects by adjusting the chemical composition of ore raw materials. Despite the relatively low accuracy of the developed neural network model, the application of the practical recommendations obtained made it possible to reduce the percentage of defective products manufactured in a large-scale production process by 2.51 times.

Keywords: ore raw materials, chemical composition, defective castings, open-hearth furnace, thermophysical and chemical-energy technological processes, neural network, control, forecasting

For citation: Yasnitsky L., Goldobin M. Neural network forecasting of defects in the production of metallurgical products. *Prikladnaya informatika*=Journal of Applied Informatics, 2024, vol.19, no.1, pp.113-124 (in Russian). DOI: 10.37791/2687-0649-2024-19-1-113-124

Введение

В практике работы серийных производственных предприятий всегда существовала проблема борьбы с браком. Эта проблема возникает как на стадии запуска и освоения новых изделий, так и в условиях уже устоявшегося серийного производства. Причин брака обычно бывает несколько. Например, это может быть изменившийся поставщик сы-

рья или комплектующих, износ инструмента и оборудования, изменение климата, изменение температуры и влажности воздуха в цехе, посторонние шумы, вибрации, излучения, смена обслуживающего персонала.

Проблему обычно решают выявление и устранение причин брака. Однако быстро установить причину брака в заводских условиях действующего производственного процесса не всегда возможно.