

УДК 669.1

**Д. А. Воробьев\*, Ю. В. Забелина**

Национальный исследовательский технологический университет МИСиС, г. Москва

\**Vorobyev@misis.ru*

Научный руководитель – проф., д-р техн. наук А. В. Кудря

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИЕМОМ КОГНИТИВНОЙ ГРАФИКИ ДЛЯ «РАСКОПОК ДАННЫХ» ПРОИЗВОДСТВЕННОГО КОНТРОЛЯ В МЕТАЛЛУРГИИ

В данной исследовательской работе были сопоставлены возможности различных приемов когнитивной графики для контроля процесса и продукта в черной металлургии с целью управления качеством продукции без изменения технологии по существу. Использование предложенных подходов показало высокую эффективность для поиска существенных закономерностей в системе «управляющие параметры – свойства».

*Ключевые слова:* черная металлургия, когнитивная графика, большие данные.

**D. A. Vorob'ev, Yu. V. Zabelina**

## STUDY OF THE STRUCTURE AND PROPERTIES OF THE COATINGS OBTAINED BY THE METHOD OF ELECTRON BEAM SURFACING OF POWDER MIXTURES (NB+C, TI+NB+C)

In this research work have been compared the possibilities of different methods of cognitive graphics for process control and product in the steel industry for the purpose of quality control of production without substantive changes of technology. Using the proposed approach has shown high efficiency to find significant of regularities in the system of "control parameters – property".

*Keywords:* ferrous metallurgy, cognitive graphics, big data.

Неоднородность качества металлопродукции – следствие многообразия сценариев эволюции структур и дефектов в рамках даже хорошо отлаженного технологического процесса. Однако отсутствие единого пространства параметров в металлургии, разнообразие видов распределения значений управляющих параметров в пределах нормативов ограничивает возможности классической статистики для поиска критических факторов технологии и использование принципа управления

качеством металла «по возмущению» на основе ретроспективного анализа баз данных заводского контроля технологии и продукта (например, рис. 1).

Регрессия оказалась полезной для снижения размерности параметров технологии  $X_1...X_n$ , оказывающих влияние на свойство  $Y$ . Для поиска областей с доминирующим типом зависимости эффективными могут стать сложные эвристические приемы когнитивной графики [1]. Они не получили пока еще широкого применения в металлургии, в связи с чем представляет интерес оценка границ их эффективного использования.

К числу простейших (и, тем не менее, весьма информативных) приемов когнитивной графики относится построение гистограмм параметров процесса и продукта. При этом можно оценить вид распределения, меру его отклонения от псевдонормального (симметричного), уточнить на основе этого границы применимости различных процедур и выявить проблемные участки технологии, например, по асимметричному виду гистограммы значений одного из управляющих параметров (рис. 1) – признаку целенаправленного воздействия на него вследствие каких-то причин, как правило, неочевидных на первый взгляд.

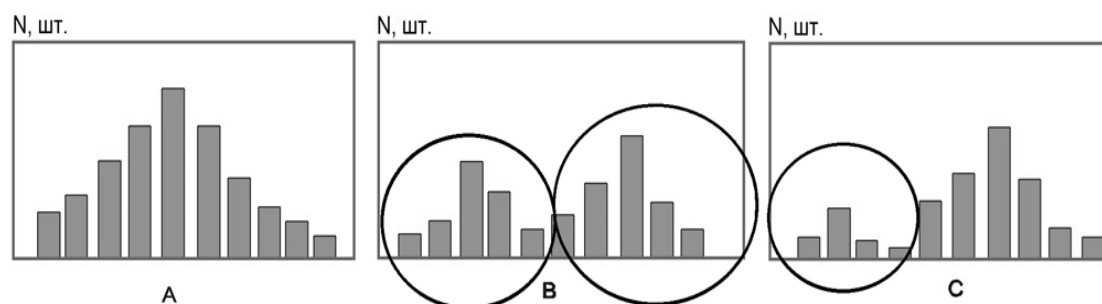


Рис. 1 – Схемы анализа гистограмм распределения

Подобласти с разным типом доминирующей зависимости можно найти поиском и разделением «плотных» облаков точек при отображении зависимости  $y_k(x_i)$  на разные плоскости  $x_i-x_m$ , где  $y_k$  – свойство,  $x_i$  – параметр процесса [1,2]. Так, в частности, было выявлено совместное влияние колебаний (в пределах поля допуска технологии) значений параметров плавки (температура в ковше при обработке синтетическим шлаком) и параметров ковки (включая определение зон риска параметров в пределах поля допуска технологии) поковок из улучшаемой стали 38ХНЗМФА-Ш на появление вязкой межзеренной составляющей в пробах на излом. Для той же стали такой же подход позволил оценить возможное влияние химического состава на хладноломкость (по результатам сдаточных испытаний ударной вязкости при  $+20$  и  $-50$  °С:  $\Delta = KCU^{+20} - KCU^{-50}$ ).

Полезным оказался анализ хронологических рядов значений параметров процесса и продукта. В частности, использование Фурье-

преобразования при анализе последовательности значений ударной вязкости (при температуре испытания:  $-60^{\circ}\text{C}$ ) листовой стали 09Г2С (при анализе причин ее неоднородности) выявило наличие периодической составляющей. Такая же периодичность соответствовала хронологическим рядам значений содержания марганца и фосфора. Эти и другие результаты позволили уточнить критические факторы технологии, лимитирующие разброс вязкости листа.

В целом, опыт использования разнообразных приемов когнитивной графики при «раскопках данных» производственного контроля в металлургии показал их высокую эффективность для поиска существенных закономерностей в системе «управляющие параметры – свойства». Следует отметить, что успешное применение этих приемов основывается на понимании природы анализируемого объекта и выборе адекватных статистических процедур.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. О возможности управления качеством металла на основе «раскопок данных» производственного контроля А. В. Кудря [и др.] // Электрометаллургия. 2013. № 11. С. 28 – 34.
2. Кудря, А. В. // Электрометаллургия. 2002. № 9. С. 35 – 42.