

DOI: 10.34185/1991-7848.itmm.2024.01.055

**БАЗИ ДАНИХ І МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ
ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ПРИ ДОВЕДЕННІ СТАЛІ НА УКП**

Тогобицька Д.М., Поворотня І.Р., Ліхачов Ю.М., Ходотова Н.Є.

Інститут чорної металургії ім. З. І. Некрасова НАН України, м. Дніпро

Анотація. *Обґрунтовано необхідність розвитку баз даних галузевого Банка даних «Металургія» з метою збереження унікальних промислових та лабораторних експериментальних даних, що можуть бути покладені в основу ліцензійних профільних комп'ютерних програм. Зроблено акцент на важливості розвитку розрахункових методів визначення першочергових властивостей феросплавів, що забезпечать одержання металургіями-промисловцями адекватних даних для подальшого прийняття оперативних рішень при виплаві конкурентоздатної та якісної сталі і їх впровадження в автоматизовані системи управління технологічними процесами. На основі концепції спрямованого хімічного зв'язку розроблено моделі, що дозволяють прогнозувати важливі фізико-хімічні та теплофізичні властивості, які виступають лімітуючими ланками ефективності процесів міжфазних взаємодій, зокрема марганецьвмісних феросплавів з достатньою точністю для промислового використання.*

Ключові слова: *базы даних, параметри міжтомної взаємодії, добавки, феросплави, якість металу, прогнозування, моделі*

Розвиток металургійної галузі є одним із ключових елементів забезпечення економічної стабільності країни та утримання конкурентоздатних позицій на світовому ринку якісної металопродукції з одночасним задоволенням невпинно зростаючих внутрішньодержавних потреб. Останнім часом прослідковується тенденція до посилення вимог щодо фізико-хімічних, теплофізичних, експлуатаційних характеристик сталі, а отже на порядок денний встають питання пошуку шляхів суттєвого удосконалення процесів легування, рафінування, позапічної обробки напівпродукту, як відповідальної ланки у поєднанні з напрацюваннями феросплавного виробництва.

Металургійна галузь є відносно гнучкою промисловою сферою, однак це не самобутня («вроджена») гнучкість, а набута завдяки постійному слідуванню останнім трендам та запитам споживачів, застосуванню передових засобів комп'ютеризації, технологічних ноу-хау, запатентованих винаходів, нових

технологічних схем та прийомів, що забезпечується влучним поєднанням наукового інтелекту металургів і промислового потенціалу виробників. Вірна ідентифікація першопричини сформованого запиту на металургійному виробництві є запорукою обрання правильного вектору задля його вирішення. Зазвичай у науковців виникають труднощі з наявністю достовірних даних, що можуть бути використані для наукового обґрунтування особливостей фізико-хімічного перебігу процесу виплавки металу та як наслідок поява не раціонального техніко-економічного виробничого фактору (не ефективне використання добавок, збільшення часу виплавки, а отже і енергетичного ресурсу та ін.). Черговим нагадуванням про інформаційну цінність даних та важливість їх збереження, систематизації, обліку була вимушена втрата одного із гігантів української промисловості через військові дії МК «Азовсталь».

З огляду на ці обставини особливість баз даних акумулювати різнотипну інформацію без втрати її смислового та наукового навантаження завдяки розробленим строгим правилам формалізації у вигляді машинного паспорту експериментальних даних (ПЕД), який включає всю повноту викладеного без попередньої обробки та «згладжувань», є важливим внеском у точність одержаних прогнозних значень. В Інституті чорної металургії ім. З. І. Некрасова НАН України (ІЧМ НАНУ), як одному з передових галузевих закладів країни, який займає лідируючі позиції по науковому потенціалу, створена база експериментальних фізико-хімічних даних про властивості залізобуглецевих розплавів, яка є складовою Банка даних «Металургія» [1]. В останній час Банк даних «Металургія» доповнений двома новими інформаційними модулями, а саме «Феросплави» та «ШУС» (шлакоутворюючі суміші) [2], адже саме ці два напрямки є одними із найбільш затребуваних зокрема для сталеплавильного виробництва. Слід зазначити, що закордонна практика свідчить на користь застосування Баз даних, як основ для розробки спеціальних комп'ютерних розрахункових комплексів, програм, навчальних симуляцій процесів, а отже їх використання є різноцільовим та може сприяти не лише покращенню промислових потреб і якості сталі, а й підготовці та навчанню наукових кадрів. Таким чином значимість баз даних є

беззаперечною та вимагає їх виведення на міжгалузевий та міжвузівський рівень з відкритим доступом, як окремої інстанції по сприянню розвитку наукового рівня та можливостей науковців.

Інформаційний ресурс банку даних «Металургія» у поєднанні з основними положеннями концепції спрямованого хімічного зв'язку [3] був використаний для розробки прогнозних моделей щодо визначення властивостей марганецьвмісних феросплавів ($T_{пл}$, °K – температура плавлення; $D \times 10^5$, кг/м³ – густина; $Ств$, Дж/кгК – теплоємність; λ , Вт/м·К – теплопровідність; Q , КДж/кг – теплота плавлення; ρ , мОм·м – питомий електроопір; σ , МПа – тимчасовий опір). Згідно відправних положень концепції спрямованого хімічного зв'язку: хімічна індивідуальність системи, реакційна здатність, структурний стан розплавів виражаються за допомогою методу кодування хімічного складу дослідного розплаву в інтегральних параметрах міжатомної взаємодії: Z^Y – параметр зарядового стану системи, e ; d – середньостатистична між'ядерна відстань, $10^{-1}nm$; $tg\alpha$ – константа для кожного елемента, яка характеризує градієнт зміни радіусу іона при зміні його заряду; ρ_l – спрямована зарядова щільність, e/nm .

На основі результатів проведеного кореляційно – регресійного аналізу для прогнозування властивостей репрезентативної вибірки даних розроблені моделі структури: властивість = $f(Z^Y, d, \rho_l, tg\alpha, \Delta Z^Y, \Delta d)$, які визначаються високим рівнем точності:

$$T_{пл} = f(Z^Y, \rho_l, tg\alpha) R^2 = 0,89; D = f(Z^Y, tg\alpha, \Delta d, Zc^{Mn}) R^2 = 0,958;$$
$$Ств = f(\Delta d, Z^Y, Zc^{Mn}) R^2 = 0,728; \lambda = f(Z^Y, tg\alpha, d) R^2 = 0,880;$$
$$Q_{пл} = f(Z^Y, tg\alpha, \Delta d) R^2 = 0,952; \rho = f(Z^Y, tg\alpha, Zc^{Mn}/Zc^C), R^2 = 0,843; \sigma = f(Z^Y, \Delta d, tg\alpha, Zc^{Mn}) R^2 = 0,837.$$

Адекватність та математична стійкість розроблених виразів підтверджена на репрезентативній вибірці вітчизняних промислових даних виробництва феросплавів марок ФМн78 та МнС17(n=14554). Одержані в роботі результати є підґрунтям для виробки рекомендацій щодо вибору ефективних добавок та рекомендуються до

інтеграції у АСУТП сталеплавильного виробництва, що забезпечать одержання сталі з затребуваними металоспоживачами показниками.

Висновок. Створено інформаційний ресурс у вигляді системного поєднання баз даних та моделей, що дозволяє провести оцінку узгодженості вимог до затребуваної стандартом якості одержаного металу і виробити рекомендації щодо коригування технологічної схеми виплавки. Розроблені моделі для прогнозування фізико-хімічних та теплофізичних властивостей феросплавів по схемі: «склад – інтегральні параметри взаємодії – властивість», являються основними складовими алгоритмічного і програмного забезпечення наскрізної схеми направленої формування якісної сталі.

ЛІТЕРАТУРА

- 1.Тогобицька Д.М. Бази даних і моделі для експертної оцінки ефективності використання феросплавів при виробництві сталі / Тогобицька Д.М., Піптюк В.П., Петров О.П., Греков С.В., Сігура І.Р., Ліхачов Ю.М. Головка Л.А.// Фундаментальні і прикладні проблеми чорної металургії. 2017. – № 31. – С. 150 – 165.
2. Степаненко Д.О., Цюпа Н.О., Андрієвский Г.А. База даних і моделі для прогнозування властивостей шлакоутворюючих сумішей – Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції «Інформаційні технології в металургії та машинобудуванні». – Дніпро. – 2018 р. – С. 34.
3. Togobitska D. and Belkova A. New approach to evaluating the thermodynamic consistency of melts in the «Metal-Slag» system based on interatomic interaction parameters // Lithuanian Journal of Physics. Vol.64, No.1, pp.58-71 (2024). <https://doi.org/10.3952/physics.2024.64.1.6>

DATABASES AND MODELS TO SUPPORT THE ACCEPTANCE OF TECHNOLOGICAL DECISIONS IN THE PROOFING OF STEEL AT THE LADLE FURNACE INSTALLATION

Togobitska Daria., Povorotnia Iryna, Likhachev Yury, Nadiya Khodotova

Abstract. *The need to develop the databases of the «Metallurgy» industry data bank in order to preserve unique industrial and laboratory experimental data, which can be the basis of licensed profile computer programs, is substantiated. Emphasis is placed on the importance of the development of calculation methods for determining the primary properties of ferroalloys, which will ensure that industrial metallurgists receive adequate data for further operational decision-making in the production of competitive and high-quality steel and their introduction into automated technological process control systems. Based on the concept of directional chemical bonding, models have been developed that*

allow predicting important physicochemical and thermophysical properties that are the limiting factors in the efficiency of interphase interaction processes, in particular, of manganese-containing ferroalloys with sufficient accuracy for industrial use.

Keywords: *databases, interatomic interaction parameters, additives, ferroalloys, metal quality, forecasting, models*

REFERENCE

1. Togobitska D.N. Databases and models for expert evaluation of the efficiency of ferroalloys in steel production / Togobitska D.N., Piptyuk V.P., Petrov A.F., Grekov S.V., Snigura I.R., Likhachev Yu.M., Golovko L.A. // Fundamental and applied problems of ferrous metallurgy. 2017. - № 31. - P. 150 – 165.
2. Stepanenko D.A., Tsyupa N.A., Andrievskiy G.A. Database and models for predicting the properties of slag-forming mixtures – Materials of Scientific and Technical International Conference «Information Technology in Metallurgy and Machine Building». – Dnepr. – 2018 – P. 34.
3. Togobitska D. and Belkova A. New approach to evaluating the thermodynamic consistency of melts in the «Metal-Slag» system based on interatomic interaction parameters // Lithuanian Journal of Physics. Vol.64, No.1, pp.58-71 (2024). <https://doi.org/10.3952/physics.2024.64.1.6>