

**БАЗИ ДАНИХ ТА БАЗИ МОДЕЛЕЙ – ФУНДАМЕНТАЛЬНЕ ПІДҐРУНТЯ ДЛЯ
РОЗРОБКИ НОВИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ
ЯКІСНИХ СТАЛЕЙ**

Тогобицька Д.М.¹, Поворотня І.Р.², Ліхачов Ю.М.³, Ходотова Н.Є.⁴

¹ д.т.н., проф., ² н.с., к.т.н., ³ н.с., ⁴ м.н.с.,

^{1,2,3,4} Інститут чорної металургії ім. З. І. Некрасова НАН України, м. Дніпро, Україна

Анотація. Інформаційною основою для теоретичної та прикладної металургії при розробці рішень спрямованих на удосконалення існуючих та освоєння принципово нових технологічних схем виготовлення високоякісної металопродукції є проблемно-орієнтовані програми в основі яких повинна бути закладена достовірна База Даних та База Моделей. Аналіз сучасних спеціалізованих комп'ютерних програм свідчить про суттєву нестачу таких моделей для багатокомпонентних розплавів (метал, шлак, добавки). Значимість бази моделей головним чином забезпечує правильний вибір наукового підґрунтя, що закладено в основу створених моделей та є вагомим внеском у точність створеного алгоритмічного і програмного забезпечення. Беззаперечно питання їх ведення та підтримки на належному рівні слід розглядати, як задачу галузевого значення з активною участю і сприянню по наповненню даними провідними вітчизняними виробничниками, експериментально-лабораторними дослідженнями науковців-металургів та адміністративною підтримкою по їх комерціалізації для користування іноземними країнами. Показана ефективність використання фізико-хімічного апарату концепції спрямованого хімічного зв'язку для прогнозування властивостей металевих розплавів ($R^2 \geq 0,9$), що забезпечить в подальшому одержання сталі з затребуваними металоспоживачами показниками.

Ключові слова: Бази Даних, База Знань, параметри міжатомної взаємодії, якість металу, прогнозування, моделі

Наразі сучасний світ набирає швидкий темп нарощення залученості комп'ютерних технологій не тільки у повсякденному житті людини, а й у виробничо-промислових процесах. Це стосується, як розробок штучного інтелекту, вдосконалення конструкцій протезування з елементами чіпового контролю так і управління процесами на підприємствах, впровадження елементів роботизації на складних виробничих ділянках, і це далеко ще не всі ніші в які проникли новітні комп'ютерні напрацювання. Разом з тим усі

комп'ютерні ноу-хау, незалежно від сфери в якій будуть застосовані, потребують надійної науково-обґрунтованої основи, яка забезпечить адекватну математичну стійкість, швидкість одержання результату та відповідну якість після прийняття відповідних технологічних рішень. Зазвичай відсутність зібраних та правильно систематизованих надійних даних викликає труднощі у науковців на етапах створення комп'ютерних доповнень, зокрема у сталеплавильному виробництві для інтеграції в системи АСУТП. Алгоритми розрахунків, що закладені у програмні комплекси зазвичай складні, зі значною кількістю змінних, а їх багатопараметричність не завжди є обґрунтованою та виправданою, тому виникає необхідність проведення якісної «згортки» кількості параметрів з збереженням їх фізико-хімічної, фізичної чи технологічної сутності і правильного визначення факторного навантаження у конкретних умовах виробництва та ділянки для якої розробляється етап цифровізації.

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, створений Банк даних «Металургія», до якого входять репрезентативні бази «Метал», «Шлак», «Феросплави», «ШУС» (шлакоутворюючі суміші), що знаходяться в стадії постійної експлуатації і активного поповнення власними експериментальними, сучасними промисловими та літературними (статті, патенти, винаходи, наукові розробки, монографії) даними [1, 2].

В свою чергу База Знань – це синергетичне поєднання баз даних та комплексу моделей, які дозволяють прогнозувати першочергові фізико-хімічні, теплофізичні властивості металургійних розплавів та на основі критичного аналізу одержаних результатів, в конкретній промисловій проблемі, спрямувати виробничників до прийняття найбільш раціонального і

доцільного рішення задля одержання якісного металу. В останній час значна частина ресурсів спрямована саме на наповнення бази «Метал», як основоположної складової алгоритмічного і програмного забезпечення наскрізної схеми направлено формування якісної сталі. Розроблення моделей здійснюється на основі концепції спрямованого хімічного зв'язку [3]. Головна ідеологія, що робить її унікальним інформаційно-алгоритмічним апаратом оформленим у програмні комплекси «Metal» та «Slag», полягає у розгляді металургійних розплавів, як хімічно єдиних систем, а не просто механічної суміші складових та вираженню їх зв'язків в інтегральних параметрах міжатомної взаємодії: Z^Y – параметр зарядового стану системи, e ; d – середньостатистична між'ядерна відстань, 10^{-1}nm ; $\text{tg}\alpha$ – константа для кожного елементу, яка характеризує градієнт зміни радіусу іона при зміні його заряду; ρ_1 – спрямована зарядова щільність, e/nm .

Важливим результатом одержаним завдяки розробленим моделям [властивість = $f(Z^Y, d, \text{tg}\alpha, \rho_1)$], наприклад, для жароміцних нікелевих сплавів, які входять у блок бази моделей є порівняльний аналіз прогнозних значень по запропонованій нами моделі (похибка прогнозу - $\xi, \% = 0,66\%$) для жароміцних нікелевих сплавів з розрахунками проведеними з використанням програмного спеціалізованого комплексу JMatPro (похибка прогнозу $\xi, \% = 10,30\%$). Це свідчить про адекватність та математичну стійкість розроблених нами аналітичних виразів. Працездатність розробленого комплексу моделей та адекватність одержаних результатів відпрацьована на промислових даних сталі 40X та сталей класу SAE. У результаті проведеного статистичного аналізу на репрезентативних вибірках даних за визначенням t-критерію Стюдента для сталі SAE вдалось встановити значимість вмісту алюмінію на зміну температури плавлення сталі, що призвело до утворення двох областей (рис.1). При температурі плавлення більше 1535°C (область 2) для сталей характерний підвищений вміст алюмінію 0,23-0,76%, на противагу області 1 з вмістом алюмінію 0,003-0,002.

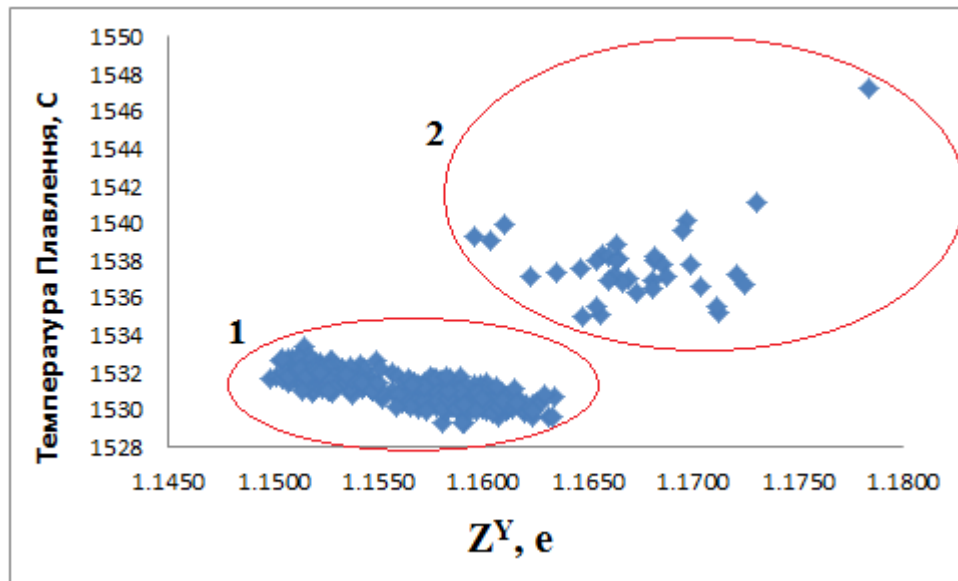


Рисунок 1 - Залежність температури плавлення від зарядового стану системи (Z^Y) сталі класу SAE

Використання баз даних та баз моделей дає не лише теоретичні й наукові результати, а й має практичне значення. Про це свідчать результати дослідження вітчизняних феросплавів марок ФМн78 та МнС17 з відхиленнями по хімічному складу, які дозволили нам констатувати на основі експертної оцінки властивостей можливість їх використання при виробництві сталі за їх призначенням з дотриманням певних умов [4].

Висновок. Використання розроблених баз даних та баз моделей дозволяє створити засади одержання високоякісного конкурентоздатного металу на основі високоточних й стійких прогнозних моделей комплексу фізико-хімічних властивостей металургійних розплавів, які описують іонообмінні процеси у багатофазному середовищі, здатні оцінити повноту протікання реакцій, а отже і ступінь засвоєння компонентів. Саме оперативний промислово-технологічний контроль цих процесів являється важливою резервною ланкою для виробництва якісної сталі у нестабільних виробничих умовах країни.

ЛІТЕРАТУРА

1. Тогобицька Д.М. Базы даних і моделі для експертної оцінки ефективності використання феросплавів при виробництві сталі / Тогобицька Д.М., Піптюк В.П.,

Петров О.П., Греков С.В., Снігура 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., Андрієвський 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>

4. Тогобицька Д.М., Поворотня І.Р., Піптюк В.П., Греков С.В., Кукса О.В. Експертна система оцінки фізико-хімічних та теплофізичних властивостей марганецьвмісних феросплавів. – Сучасні проблеми металургії. – № 27. – 2024. – С. 102 – 119. DOI: 10.34185/1991-7848.2024.01.08

DATABASES AND MODEL BASES – THE FUNDAMENTAL BASIS FOR THE DEVELOPMENT OF NEW TECHNOLOGICAL SOLUTIONS IN THE PRODUCTION OF QUALITY STEELS

Togobitska Daria, Povorotnia Iryna, Likhachev Yury, Nadiya Khodotova

Abstract. *The information basis for theoretical and applied metallurgy in developing solutions aimed at improving existing ones and developing fundamentally new technological schemes for manufacturing high-quality metal products are problem-oriented programs, which should be based on a reliable Database and Model Database. Analysis of modern specialized computer programs indicates a significant lack of such models for multicomponent melts. Undoubtedly, the issue of their maintenance and support at the proper level should be considered as a task of industry significance with the active participation and assistance in filling in the data by leading domestic manufacturers, experimental and laboratory research by metallurgical scientists, and administrative support for their commercialization for use by foreign countries. The effectiveness of using the physicochemical apparatus of the directional chemical bond concept for predicting the properties of metal melts ($R^2 \geq 0,9$) is shown, which will ensure the further production of steel with the indicators demanded by metal consumers.*

Keywords: *Databases, Knowledge Base, interatomic interaction parameters, metal quality, prediction, models*

REFERENCE

1. Togobitska D.M. Databases and models for expert evaluation of the efficiency of ferroalloys in steel production / Togobitska D.M., 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>
4. Togobytska D.M., Povorotnya I.R., Pityuk V.P., Grekov S.V., Kuksa O.V.. Expert system for evaluating the physicochemical and thermophysical properties of manganese-containing ferroalloys. – Modern problems of metallurgy. – No. 27. – 2024. – P. 102 – 119. DOI: 10.34185/1991-7848.2024.01.08