

**ФІЗИКО-ХІМІЧНІ КРИТЕРІЇ ТА МОДЕЛІ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ  
ЧАСУ ПЛАВЛЕННЯ КОМПЛЕКСНИХ ФЕРОСПЛАВІВ**

Тогобицька Д.М., д.т.н., Снігура І. Р. м.н.с., Петров О.П. н.с.,  
Головко Л.А. к.х.н., н.с., Ходотова Н.Є. м.н.с.

*Інститут чорної металургії ім. З. І. Некрасова НАН України*

**Abstract.** Based on the analysis of experimental information about the properties of ferroalloys using the concept of directed chemical bonding, physicochemical models have been developed to calculate the melting time of new generation complex ferroalloys.

Predictive models allow us to evaluate their efficiency of use associated with the highest possible level of mastering of the basic elements, reducing the consumption of alloys, improving the workability of the metal. Taking into account the parameter characterizing the micro-heterogeneity of ferroalloys provided high accuracy of operational forecast. The results of the research are recommended for industrial use in order to make a scientifically sound choice of alloying additives and directional molding of the final product, which will reduce energy costs through the integration of the developed models in automated process control systems for steelmaking processes.

**Ключові слова:** ПАРАМЕТРИ МІЖАТОМНОЇ ВЗАЄМОДІЇ, ПРОГНОЗНІ МОДЕЛІ, ФЕРОСПЛАВИ, МЕТАЛЕВІ РОЗПЛАВИ, ЧАС ПЛАВЛЕННЯ.

На сучасному етапі розвитку металургійної галузі резервним потенціалом для розширення експлуатаційних можливостей сталей та сплавів спеціального призначення являються процеси доводки сталі за хімічним складом. Зокрема поглиблення знань стосовно економного використання дорогих лігатур та фізико-хімічних особливостей їх взаємодії в системі «метал-шлак-добавка», розподілу і засвоєння металевим розплавом, розробка нових складів комплексних феросплавів з використанням вітчизняної сировинної бази забезпечать спрямоване формування якісно нових властивостей готової сталі.

Безумовно, підбір добавок, що вводяться в сталь відноситься до складного багатостадійного фізико-хімічного процесу, який в першу чергу повинен забезпечити термодинамічні умови для максимального ефективного протікання всіх реакцій та як наслідок засвоєння і рівномірності розподілу

введеної лігатури з мінімальними енергетичними та сировинними витратами. Однією з найважливіших ланок процесу являється час плавлення добавки.

На даний час існують різні експериментальні та розрахункові методи вивчення часу плавлення феросплавів, однак вони частіше за все недостатньо враховують реальні умови розчинення феросплавів, а в ряді випадків мають незадовільну точність та складні для оперативного використання в промислових умовах.

В ІЧМ НАНУ на основі оригінальної концепції спрямованої хімічного зв'язку розробленої Приходько Е.В. [1-2] розглянута можливість прогнозування часу плавлення комплексних феросплавів систем Fe-Mn-V, Fe-Mn-Nb, Fe-Si-B, Fe-Mn-Si-V, Fe-Si-V-Mn, Fe-Mn-Si-V-Ti, Fe-Mn-Si-Nb-Al досліджених експериментально за умов:  $T_{ст} = 1600\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{ф} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $D_{ф} = 20\text{ мм}$  в роботі [3].

Аналіз взаємозв'язків параметрів міжатомної взаємодії з часом плавлення дозволив встановити найбільш інформативні параметри, які лягли в основу прогнозних моделей для марганцевмісних, ванадійвмісних, борвмісних феросплавів -  $\tau, c = f(\rho l, tg\alpha, d) R^2 \geq 0.9$ .

Високий коефіцієнт кореляції з параметрами міжатомної взаємодії досягнуто за рахунок урахування фізико-хімічної індивідуальності кожної системи феросплавів, мікронеоднорідності ( $\rho l$ ). Наприклад для марганцевмісних феросплавів  $R^2 = 0.982$ , а похибка точності прогнозу не перевищує  $\Sigma \xi, \% = 2,7$ , що підтверджує адекватність моделі.

Отримані аналітичні залежності для розрахунку часу плавлення комплексних (марганець, ванадій, ніобій і борвмісних) феросплавів нового покоління, що дозволять забезпечити вирішення завдань вибору провідних мікролегуючих елементів сплаву і їх кращого засвоєння в залізобетонних розплавах та можуть бути інтегровані в АСУТП сталеплавильного виробництва.

### Література

1. Приходько Э.В. Методика прогнозирования физических и теплофизических свойств марганцевых ферросплавов в зависимости от состава / Э.В. Приходько, А.Ф. Петров // «Металлургическая и горнорудная промышленность». – Днепропетровск. – 2008. – № 6. – С. 27-30.
2. Приходько Э.В. Эффективность комплексного легирования сталей и сплавов. – К.: Наукова думка, 1995. – 292с.

3. Жучков В.И., Носков А.С., Завьялов А.Л. Растворение ферросплавов в жидком металле. Свердловск: УИЦ АН СССР, 1990. – 134 с.

#### **References**

1. Prihodko E.V. Method for predicting the physical and thermophysical properties of manganese ferroalloys depending on the composition / E.V. Prihodko, A.F. Petrov // "Metallurgical and mining industry." - Dnepropetrovsk. - 2008. - No. 6. - P. 27-30.
2. Prihodko E.V. The effectiveness of complex alloying of steels and alloys. - K.: Naukova Dumka, 1995. - 292 p.
3. Zhuchkov V.I., Noskov A.S., Zavyalov A.L. Dissolution of ferroalloys in liquid metal. Sverdlovsk: UC AN SSSR, 1990. - 134 p.