

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ МОДЕЛЮВАННЯ МЕТАЛУРГІЙНИХ ПРОЦЕСІВ

Молчанов Л.С., Голуб Т.С.

Інститут чорної металургії ім. З.І. Некрасова НАНУ, Україна

Анотація. *В сучасних умовах моделювання технологічних процесів є одним із перспективних методів проведення досліджень на промислових об'єктах, який характеризується низькою вартістю порівняно з проведенням досліджень на реальних металургійних установках. Моделювання, як метод дослідження, засноване на відтворенні реального технологічного процесу в меншому обсязі, порівняно з реальним технологічним процесом із дотриманням масштабу подібності. У світовій практиці дослідження металургійних процесів використовуються такі методи моделювання технологічних процесів: математичне моделювання; низькотемпературне фізичне моделювання; високотемпературне фізичне моделювання. При вивченні металургійних процесів сталеплавильного напрямку найбільш повні дані дає використання високотемпературного фізичного моделювання. Його застосування дозволяє вивчати як сталі технологічні процеси, так і інноваційні. Що стосується методів низькотемпературного фізичного моделювання, то вони децю обмежені в плані інформативності, але відрізняються низькою вартістю. Математичне моделювання є перспективним для моделювання постійно діючих технологічних процесів і потребує певного уточнення практичними даними. Актуальним завданням сучасної металургійної науки є розробка методів підвищення точності результатів низькотемпературного моделювання та наближення їх до високотемпературного при збереженні прийнятної вартості моделювання.*

Ключові слова: *металургія, виробництво сталі, моделювання, масштаб подібності, технологічний процес*

В сучасних умовах моделювання технологічних процесів є одним з найперспективніших методів проведення дослідження на промислових об'єктах, який відрізняється низькою вартістю у порівнянні з проведенням досліджень на реальних металургійних агрегатах [1]. Загалом, моделювання, як метод дослідження, базується на відтворенні реального технологічного процесу у меншому обсязі, у порівнянні з реальним технологічним процесом при дотриманні масштабів подоби. Їх дотримання дозволяє переносити отримані результати моделювання на реальний технологічний процес/агрегат. Кількісний або якісний характер перенесення отриманих

результатів моделювання залежить від ступеня наближення умов моделювання до реального процесу за рахунок дотримання масштабів геометричної, фізичної та хімічної подоби. У світовій практиці дослідження металургійних процесів використовуються наступні методи моделювання технологічних процесів: математичне моделювання; низькотемпературне фізичне моделювання; високотемпературне фізичне моделювання.

Математичне моделювання передбачає побудову опис реального технологічного процесу за допомогою існуючих фундаментальних фізико-хімічних рівнянь з урахуванням статистичного матеріалу функціонування реального технологічного процесу [2]. Для здійснення математичного моделювання розроблена значна кількість спеціальних програмних продуктів. При цьому у сферу його застосування входить дослідження теплофізичних; гідродинамічних; масообмінних процесів окремо або у поєднанні. Також необхідно відзначити, що достовірність отриманих при математичному моделюванні даних залежить безпосередньо від якості фізико-математичного описання об'єкту досліджень [3].

Низькотемпературне фізичне моделювання – процес відтворення реального технологічного процесу з використанням речовин з більш низькою температурою плавлення у порівнянні з рідкими металами. Здебільшого, при дослідженні сталеплавильних процесів у якості модельної рідини, що імітує рідку сталь використовують воду, що пов'язано з низькою вартістю та розповсюдженістю зазначеної речовини [4]. Сферою застосування низькотемпературного фізичного моделювання є визначення гідродинамічних та масообмінних процесів. При чому, у випадку моделювання процесу продувки киснево-конвертерної ванни результати отримані шляхом холодного моделювання носять, зокрема, якісний характер, а отримані залежності носять тенденційний характер. Це відбувається у наслідок того, що низькотемпературне фізичне моделювання не дозволяє в повній мірі врахувати фізико-хімічні особливості процесів, що відбуваються в кисневому конвертері при продувці сталі.

Високотемпературне моделювання передбачає відтворення реальних технологічних процесів в більш малих масштабах, у порівнянні з реальними, з використанням високотемпературних середовищ. Зокрема в металургії – це використання в дослідженнях рідких металевої та шлакової фаз [5]. При цьому отримані результати високотемпературного моделювання у повній мірі можуть бути перенесені на реальні металургійні процеси для здійснення управління або оптимізації їх. Серед недоліків високотемпературного фізичного моделювання сталеплавильних процесів можна відзначити високу вартість досліджень та організаційну складність.

Узагальнені переваги та недоліки різних методів моделювання в контексті металургійних процесів представлені в таблиці 1. Виходячи з даних наведених в таблиці 1 можна зробити висновок, що при дослідженні металургійних процесів сталеплавильного спрямування найбільш повноту даних забезпечує саме високотемпературне фізичне моделювання. При цьому, воно дозволяє досліджувати як сталі технологічні процеси, так і інноваційні. Що стосується методів низькотемпературного фізичного моделювання, то вони дещо обмежені в контексті інформативності, проте відрізняються низькою вартістю. Математичне моделювання є перспективним для моделювання усталених технологічних процесів і потребує певного уточнення практичними даними.

Таблиця 1
Порівняння особливостей методів моделювання в контексті металургійних процесів

№	Показник	Методи моделювання		
		математичне	низькотемпературне фізичне	високотемпературне фізичне
1.	Можливість дослідження принципово нових технічних рішень	-	+/-	-
2.	Вартість досліджень	-	+/-	+
3.	Можливість перенесення результатів моделювання на реальний процес	+	+/-	+

* - “-” – низьке значення показника; “+/-” – помірне значення показника;
“+” – високе значення показника

Таким чином актуальним завданням для сучасної металургійної науки є розробки методів підвищення точності результатів низькотемпературного моделювання та наближення їх до високотемпературного при збереженні прийнятної вартості моделювання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Моделювання та оптимізація металургійних систем: Навч. Посібник / В.Б. Охотський, В.М. Ковшов, А.Г. Кучер та інш. / Під ред.. В.Б. Охотського. – К.: ІЗМН, 1998. – 156с.
2. Організація експеримента: : Навч. Посібник /В.І. Баптизманский, Ю.М. Яковлев, Ю.С. Паніотов та інш. / Під ред. В.І. Баптизманского, Ю.М. Яковлева. – К.: УМК ВО, 1992. – 244 с.
3. Охотський В.Б. Моделі металургійних систем. - Дніпропетровськ: Системні технології, 2006. -287 с.
4. Breno Totti Maia, Rafael Kajimoto Imagawa, Roberto Parreiras Tavares Cold model bath behavior study in LD converter with bottom blowing / AISTech 2016 Proceedings. – 2016. – P. 1083 – 1094.
5. Chernyatevich, A.G., Molchanov, L.S., Merkulov, A.E., Bashmakov, A.M., Yushkevich, P.O. Development of multipurpose designs of oxygen lumps and methods for combined blowing of a converter bath // Steel in Translation, 2021. - № 51(9). - P. 640 – 647.

COMPARATIVE ANALYSIS OF METALLURGICAL PROCESS SIMULATION METHODS

Molchanov Lavr, Golub Tatyana

Abstract. *In modern conditions, modeling of technological processes is one of the most promising methods of conducting research on industrial facilities, which is characterized by a low cost compared to conducting research on real metallurgical units. Modeling, as a research method, is based on the reproduction of a real technological process in a smaller volume, in comparison with a real technological process while observing the scale of similarity. In the global practice of researching metallurgical processes, the following methods of modeling technological processes are used: mathematical modeling; low-temperature physical modeling; high-temperature physical modeling. When studying the metallurgical processes of the steelmaking direction, the most complete data is provided by high-temperature physical modeling. At the same time, it allows to study both permanent technological processes and innovative ones. As for the methods of low-temperature physical modeling, they are somewhat limited in the context of*

informativeness, but they differ in their low cost. Mathematical modeling is promising for modeling established technological processes and needs some clarification with practical data. An urgent task for modern metallurgical science is the development of methods for increasing the accuracy of the results of low-temperature modeling and bringing them closer to high-temperature modeling while maintaining an acceptable cost of modeling.

Keywords: *metallurgy, steel production, modeling, scale of likeness, technological process*

REFERENCE

1. Modeling and optimization of metallurgical systems: Training. Guide / V.B. Okhotskiy, V.M. Kovshov, A.G. Kucher et al. / Ed. V.B. of Okhotsk. - K.: IZMN, 1998. - 156p.
2. Organization of the experiment: : Teaching. Manual /V.I. Baptizmanskiy, Yu.M. Yakovlev, Yu.S. Paniotov et al. / Ed. V.I. Baptizmanskogo, Yu.M. Yakovleva - K.: UMK VO, 1992. - 244 p.
3. Okhotskiy V.B. Models of metallurgical systems. - Dnipropetrovsk: System Technologies, 2006. -287 p.
4. Breno Totti Maia, Rafael Kajimoto Imagawa, Roberto Parreiras Tavares Cold model bath behavior study in LD converter with bottom blowing / AISTech 2016 Proceedings. – 2016. – P. 1083 – 1094.
5. Chernyatevich, A.G., Molchanov, L.S., Merkulov, A.E., Bashmakov, A.M., Yushkevich, P.O. Development of multipurpose designs of oxygen lumps and methods for combined blowing of a converter bath // Steel in Translation, 2021. - № 51(9). - P. 640 – 647.