

Токова О.В.¹, Дорошенко В.С.²

(¹Міжнародний центр інформаційних технологій та систем НАН та МОН України; ²ФТІМС НАН України, Київ)

МОДЕЛЮВАННЯ ВИПЛАВКИ СТАЛІ В КОНВЕРТЕРНІЙ ПЕЧІ МОВОЮ ПРОГРАМУВАННЯ PYTHON У ФРЕЙМВОРКУ STREAMLIT

E-mail: len327@ukr.net

При виплавці сталі в киснево-конвертерній печі регулювання хімічного складу сталі на різних етапах цього процесу має важливе значення для досягнення заданих механічних властивостей кінцевої продукції. Традиційні комп'ютерні моделі забезпечують статичне моделювання без можливості інтерактивності та зворотного зв'язку в реальному часі. Це може ускладнювати оперативне тестування металургійного процесу та обмежувати їхнє використання для освітніх чи тренінгових цілей. В цьому контексті існує необхідність розробки інтерактивних моделей для покращення моделювання з наданням користувачам можливості спостерігати за процесом у реальному часі та взаємодіяти з ним для кращого розуміння та його вдосконалення.

Мета досліджень полягала у розробці інтерактивного моделювання, що дозволяє користувачам контролювати змінні параметри (з подальшою можливістю їх регулювання), які стосуються надходження кисню, додавання інших газів, а також корегування хімічного складу додаванням легувальних матеріалів, зокрема, що містять марганець, кремній тощо. Таке моделювання завдяки зворотному зв'язку у режимі реального часу надає інформацію про те, як ці зміни впливають на кінцевий склад та температуру сталі, а також дозволить створити можливість практичного впливу на процес виробництва.

Розробка методики інтерактивного моделювання полягала в тому, щоб використати можливості мови програмування Python для математичного моделювання процесу, а також бібліотеки Streamlit для створення веб-інтерфейсу для інтерактивної візуалізації результатів моделювання конвертерного процесу. Така модель не лише моделюватиме процес виробництва сталі, але й візуально представлятиме вплив змін в хімічному складі на властивості сталі, зчитуючи

аналогічні заздалегідь виміряні дані користувача з минулих плавок для цієї конвертерної печі та дані, взяті з діючих стандартів. Всі ці дані запрограмовано мовою програмування Python.

Streamlit – це фреймворк для мови програмування Python. Авторка статті Токова О.В. самостійно розробила онлайн візуалізацію, користуючись відкритими джерелами інформації з Інтернету. Потім описала цей процес, як пояснення для користувачів. Дані стосовно показників металу взято з Вікіпедії та інших сайтів, на яких описано характеристики сплавів, а також табличних даних діючих стандартів.

Таким чином, на мові Python у фреймворку Streamlit створено модель самого конвертерного процесу, використовуючи математичні рівняння та фізичні закони, що описують поведінку сплаву, газів та інших факторів у печі. Бібліотеки Python використали для наукових обчислень, зокрема, для розв'язання диференціальних рівнянь, що описують тепловий та хімічний процеси у конвертерній печі. Потім фреймворк Streamlit використали для створення веб-інтерфейсу, який дозволяє користувачам вводити початкові умови, такі як температура та склад сплаву, а потім спостерігати за зміною цих параметрів у (реальному) часі на графіках або таблицях. Такий підхід дозволив створити інтерактивну програму для вивчення та аналізу сталеплавильного процесу в конвертерній печі.

Симуляція була побудована з використанням таких засобів:

Python – для серверних обчислень та моделювання процесів;

Simpy – для керування середовищем моделювання, моделювання тимчасових процесів, що виникають в операціях конвертерного виробництва;

Streamlit – для створення інтерактивного інтерфейсу, за допомогою якого користувачі можуть вводити дані та переглядати результати;

Matplotlib – для візуалізації результатів моделювання з огляду складу сталі.

Особливості виконаного проєкту:

1. Користувачі можуть контролювати кількість кисню, добавок та інших газів, що вводяться в процес.

2. Модель розраховує, як змінюється температура відповідно реакціям у печі.

3. Після кожного запуску моделювання користувачам надається гістограма, яка показує остаточний хімічний склад, та письмовий опис того, як кожен елемент впливає на властивості сталі.

Моделювання успішно продемонструвало наступне. Зокрема, вплив кисню: підвищення рівня кисню в сталі призвело до значного зниження вмісту вуглецю. Вплив добавок: такі добавки, як марганець та кремній, не тільки вплинули на хімічний склад, але також вплинули на температуру сталі через їх ендотермічні або екзотермічні реакції. Зміни температури: кінцеву температуру сталі можна передбачити на основі вхідних даних, що дає уявлення про теплову динаміку конвертерного процесу.

Інтерактивне моделювання конвертерної виплавки сталі є значним поліпшенням у порівнянні зі статичними моделями цифрової симуляції. Воно дозволяє користувачеві взаємодіяти з моделлю у реальному часі, змінювати параметри та спостерігати за реакцією системи на ці зміни. Цей програмний інструмент може бути використаний у практичному плануванні виробництва сталі для оптимізації процесів, виявлення потенційних проблем та вдосконалення ефективності виробництва.

Моделювання конвертерного процесу з використанням Python та Streamlit є новою методикою цифрового моделювання в галузі металургії, що надає інтерактивну та освітню платформу як для фахівців галузі, так і для студентів, дозволить їм ефективно навчатися та вдосконалювати свої навички, а також безпечно тестувати нові технологічні рішення перед їх застосуванням у реальному виробництві. Також воно може бути застосовано для інтерактивного моделювання різноманітних ливарно-металургійних процесів.