

**СКЛАДНІСТЬ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ  
ПРОЦЕСІВ ГАЗОВОГО ПЕРЕМІШУВАННЯ РОЗПЛАВУ НА УКП**

Бурков П.О., Чубін К.І., Руденко М.Р., Чубіна О.А., Похвалітий А.А.

*Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське, Україна*

**Вступ.** Позапічна обробка на установці ківш-піч (УКП) є однією з важливих технологічних операцій у ланцюгу безперервного виробництва якісної сталі. Успішне протікання процесів видалення шкідливих і неметалічних домішок забезпечується наведенням рафінувального шлаку оптимального хімічного складу, тривалістю перемішування металу зі шлаком інертним газом, раннім формуванням рафінувального шлаку, оптимальним окисненням металу, що забезпечує вміст оксиду заліза (FeO) у шлакові менше 0,5 %.

**Основний матеріал.** Однією з необхідних умов, що забезпечує доведення сталі на УКП за складом і температурою, рафінування металу та ін. є ефективно та контрольоване перемішування розплаву. Варіюючи режимами продувки аргоном на УКП можна впливати на гідродинаміку розплаву в ковші, а також, ймовірно, змінювати тривалість і повноту протікання тих чи інших процесів.

Поліпшення умов протікання тепломасообмінних процесів на установках позапічної обробки з продувкою металу інертним газом вимагає певної раціоналізації процесів перемішування з метою найбільш повного використання енергії газу, що вдувається для конкретних умов обробки. Тим часом, процес перемішування металу в ковші є складним фізичним явищем і впливає на хід всіх процесів, що мають місце при обробці розплаву на УКП.

Значна частина досліджень в цьому напрямку виконувалася з використанням моделювання, як математичного, так і фізичного [1]. Це пояснюється складністю, а в ряді випадків неможливістю проведення робіт експериментального характеру у високотемпературних і агресивних середовищах (рідкий метал і шлак). Крім того, математичне моделювання в даний час є одним з найбільш доступних методів досліджень і дає достатню точність і збіжність результатів з промисловими даними [2].

Вивченню гідродинамічного стану ванни при інжекції газу, умов виникнення вихрового руху у ванні при вдування газу через днище, міграції та розподілу пазирів за розміром, тривалості перемішування у ковші з двома

пористими фурмами, турбуленції, розриву та коалесценції пузирів при інжекції газів у ківш і дослідженню інших питань присвячені зарубіжні публікації [3].

Методом фізичного моделювання визначали швидкості потоків рідини в зоні барботування та зіставляли їх з теоретичними даними. Про механізм обробки сталі газовисхідними потоками при барботуванні ванни нейтральним газом повідомлялося автором [4,5]. За результатами холодного фізичного моделювання зроблено опис характеру гідродинамічної картини й оцінені швидкості висхідних потоків у ковшовій ванні в межах 0,02–0,70 м/с і вище. Розподіл щільності газового потоку в поперечному перерізі описується експоненціальною залежністю, яка не залежить від інтенсивності подачі газу і висоти перерізу над соплом [6].

З використанням представленої [7] математичної моделі, на думку авторів, можна розрахувати основні гідродинамічні параметри ковшової ванни (швидкість впливання газових бульбашок, газонасиченість двофазної суміші, тривалість гомогенізації розплаву) в залежності від інтенсивності продувки і місткості ковша.

Автори [8] відзначають, що в даний час відсутня така "макромодель", яка одночасно охоплювала б усі процеси, що протікають в ковші при обробці сталі на УКП, а існують "мікромоделі" окремих процесів, таких як газове перемішування, легування, доведення по температурі, десульфурація, розкислення, дегазація і зневуглецювання.

**Висновки.** Проведений аналіз опублікованих літературних даних вказує на складності високотемпературного моделювання процесів газового перемішування при позапічній обробці сталі на установці ківш-піч, але публікації з даної тематики вказують на перспективність досліджень нових лабораторних та промислових моделей у напрямі раціоналізації процесів газового перемішування металевого розплаву для забезпечення підвищення технологічних і якісних показників позапічної обробки сталі, мінімізації витрат матеріальних і енергетичних ресурсів при виробництві сталі конвертерного сортаменту.

### Література

1. Оценка влияния конструктивно-компоновочных факторов на эффективность перемешивания расплава аргоном на установке ковш-печь большой мощности / В.П. Пиптюк, В.Ф. Поляков, С.Е. Самохвалов и др. // Бюллетень НТИЭИ "Черная металлургия". – 2010. – №. 6 – С. 36–40.
2. Deb Prashanta, Mukhopadhyay Aniruddha Operational experience with a mathematical

model for temperature prediction in secondary steelmaking // *Steel Res.* – Vol. 72, №5–6. – P. 200–207.

3. Detailed modeling of gas flow in liquid steel: bubble size distribution and voidage calculation / Mukhopadhyay Aniruddha, Grald Eric W., Danasekharan Kumar et. al. // *International Steel Review.* – 2005. – Vol.76. – №1. – P. 22 – 32.

4. Охотский В.Б., Войтюк К.В., Шибко А.В. Исследование процесса продувки металла в ковше аргоном // *Известия ВУЗов. Черная металлургия.* – 1991. – №1. – С. 17 – 19.

5. Гизатулин Р.А. Исследование механизма обработки стали газовосходящими потоками при барботировании ванны нейтральным газом // *Тр. VI конгресса сталеплавильщиков (Череповец, 17 – 19 октября 2000 г.).* – М.: ОАО “Черметинформация”. – 2001. – С. 321 – 323.

6. Гизатулин Р.А., Путилова О.В. Распределение газовой фазы в зоне барботаж при продувке жидкости нейтральным газом снизу // *Актуальные проблемы электрометаллургии стали и ферросплавов. Сб. матер. юбилейной научн.-практ. конф. (17 – 18 мая 2001).* – Новокузнецк: Изд-во СибГИУ. – 2001. – С. 20 – 25.

7. Математическая модель продувки жидкого металла инертными газами / Селянин И.Ф., Добрышев В.Б., Феоктистов А.В. и др. // *Известия ВУЗов. Черная металлургия.* – 2004. – №8. – С. 33 – 34.

8. The use of fundamental process models in studying ladle refining operations. Jonsson Par G., Jonsson Lage T. I. (Royal Institute of Technology, SE – 10044 Stockholm, Sweden). *ISI Int.* 2001. 41, №11, P. 1289 – 1302.

## **COMPLEXITY OF HIGH-TEMPERATURE SIMULATION PROCESSES OF GAS MIXING THE MEL AT UC UKP (LF - PROCESS)**

Burkov Pavlo, Chubin Kostiantyn,  
Rudenko Mykola, Chubin Olena, Pokhvalityi Artem

**Abstract.** In order to increase the technological and quality indicators of out-of-furnace processing, to minimize the costs of material and energy resources in the production of converter steel, it is necessary to analyze the description of the processes in out-of-furnace processing of steel at the ladle-furnace installation, modern methods of their research and other publications on this topic, to analyze the trends of development and improvement applied technological regimes of out-of-bake processing of melt at high-capacity UKP (LF-process) in the directions of resource efficiency and improvement of metal quality, which indicate the prospects of developments in the direction of rationalization of processes of gas mixing of metal melt.

**Keywords:** Label, refining, melting, modeling, injection, form.