

На підставі цих даних можна зробити висновок, що транспортування шлаків для подальшої переробки є недоцільним. Таким чином, необхідно знайти рішення *in situ*, щоб зменшити негативний вплив шлакового відвалу на Азовське море.

### Список літератури

1. Никош И.А. Устранение загрязнения водной среды при использовании металлургических шлаков в качестве материала для гидротехнического строительства / И.А. Никош, А.А. Томаш, А.Е. Капустин // Вісник Приазовського державного технічного університету: Зб. наук. пр. – Маріуполь: ДВНЗ «ПДТУ», 2010. – Вип. 21. – С.145-148. – Серія: техн. науки.
2. Dippenaar R. Industrial uses of slag (the use and re-use of iron and steelmaking slags) / R. Dippenaar // Ironmaking & steelmaking. – 2005. – Volume 32 (1). – p. 35-46.
3. Harvesting the unexplored potential of European waste materials for road construction / L.D. Poulidakos, C. Papadaskalopoulou, B. Hofko et al. // Resources, Conservation and Recycling. – 2017. – Volume 116. – p. 32–44.
4. *World Steel Association*: official website. [Online]. Available: <https://www.worldsteel.org>
5. Filonenko O. Sustainable development of Ukrainian iron and steel industry enterprises in regards to the bulk manufacturing waste recycling efficiency improvement / O. Filonenko // Mining of Mineral Deposits. – 2018. – Volume 12 (1). – p. 115–122.
6. *Mariupol: City of Blue and Grey*. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=ZGevOX4j64w&t=37s>

УДК 669.184.244.66.001.57-52

**К.В. Єгоров, В.С. Богушевський**

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ

### **ВУГЛЕЦЬ, ЯК ОСНОВНИЙ ХІМІЧНИЙ ЕЛЕМЕНТ В СТАЛЕПЛАВИЛЬНИХ ПРОЦЕСАХ КОНВЕРТЕРНОГО ВИРОБНИЦТВА**

Фізико-хімічну основу виробництва сталі в кисневому конвертері складають процеси окислення домішок металевого розплаву, і в першу чергу вуглецю, що є ос-

новою функціонування автоматизованої системи управління конвертерною плавкою. Прямий вимір масової частки вуглецю у ванні конвертера, який змінюється не тільки в міру вигоряння домішок чавуну, а й у міру проплавлення брухту, зробити практично неможливо. Проби, відібрані по ходу продувки, характеризують середній склад металу тільки при повному розплавленні брухту.

На початку продувки при відносно низькій температурі ванни швидкість окислення вуглецю невелика, оскільки в цих умовах спорідненість кремнію і марганцю до кисню вище, ніж вуглецю. У міру зниження вмісту кремнію і марганцю і підвищення температури металу зона активного окислення вуглецю збільшується і поширюється по всьому об'єму ванни. Зростає і середня швидкість окислення вуглецю, досягаючи 0,3-0,6 %/хв в середині продувки. Через 3-5 хв після початку продувки весь підведений в ванну кисень витрачається на окислення вуглецю.

До кінця продувки при вмісті вуглецю  $< 0,2\%$  швидкість його окислення помітно зменшується, в зоні підведення кисню переважно окислюється залізо, а вуглець окислюється в основному оксидами заліза, що розноситься за обсягом ванни. Окислення шлаку і вміст в ньому оксидів заліза зростає.

Зі зміною швидкості окислення вуглецю змінюється і кількість, газів що видаляються з ванни. В період інтенсивного окислення вуглецю метал і шлак спінуються і обсяг шлако-метало-газової суміші в конверторі зростає в два-чотири рази в порівнянні зі спокійним станом ванни, і рівень спінування ванни знаходиться вище нижнього зрізу фурми.

Роль вуглецю в сталеплавильних процесах зводиться, головним чином, до наступного:

1. Вуглець є обов'язковим компонентом більшості марок сталі. Змінюючи співвідношення між кількістю фериту і перліту в структурі твердого металу, розширюючи область температур стійкого існування  $-Fe$ , вуглець дозволяє отримувати метал з широким діапазоном механічних властивостей.

У деяких марках сталей спеціального призначення вуглець є шкідливою домішкою (електротехнічні, жароміцні, корозійностійкі і т.д.).

2. На окислення вуглецю витрачається основна кількість кисню, що вдувається в ванну для окислення домішок. Наприклад, в киснево-конвертерному і мартенівському скрап-рудному процесах на окислення вуглецю витрачається понад 75 – 80 % кисню. Тому управління процесом окисного рафінування зводиться, головним чином, до управління процесом зневуглецювання металу.

3. Вуглець є єдиною домішкою сталеплавильної ванни, окислення якої супроводжується утворенням газоподібних продуктів взаємодії. При окисненні вуглецю утворюються CO та CO<sub>2</sub>, обсяг яких у багато разів перевищує обсяг металу (окислення 1 кг вуглецю при 1500°C супроводжується утворенням більш 10 м<sup>3</sup> CO). Виділяючись з ванни у вигляді бульбашок, цей газ забезпечує інтенсивне перемішування металу і шлаку, збільшуючи швидкості тепло- і масообмінних процесів, що дозволяє закінчити плавку за технологічно прийнятний час.

4. Бульбашки CO, проходячи через рідкий метал, сприяють також видаленню з нього газів і неметалевих включень по ходу плавки і під час вакуумування.

5. У кисневих процесах велике значення має нагрівання ванни теплом, що виділяється при протіканні реакцій окислення вуглецю. Наприклад, в киснево-конвертерному процесі тепло реакції окислення вуглецю становить 20 – 25 % прибуткової частини теплового балансу плавки і забезпечує нагрів металу до температури випуску при значній кількості брухту в шихті.

6. Вміст вуглецю в металі і безперервне його окислення є головним фактором, який по ходу плавки визначає вміст кисню в металі і оксидів заліза в шлаку. Окислення ванни визначає втрати заліза зі шлаком у вигляді оксидів, залишковий вміст інших домішок ванни, угар розкислювачів і легуючих добавок.

7. Окислення вуглецю при затвердінні металу в виливницях дозволяє отримувати злитки різної структури (кипляча, спокійна і напівспокійна сталь).

### Список літератури

1. *Бойченко Б.М., Охотський В.Б. Харлашин П.С.* Конвертерне виробництво сталі: теорія, технологія, конструкції агрегатів.-Дніпропетровськ: РВА «Дніпро-Вал», 2006.-454 с.

2. *Чернега, Д.Ф.* Основи металургійного виробництва металів і сплавів : Підручник // Д.Ф. Чернега, В.С. Богушевський, Ю.Я. Готвянський ; за ред. Д.Ф. Чернеги .– К.: Вища шк., 2006 .– 503 с.