Порівняльний аналіз ефективності впровадження розглянутих технологій та методів управління показав, що одночасне переведення печі на регенеративну систему опалення та реконструкція футерівки печі з використанням волокнистих вогнетривів забезпечують найбільшу питому економію палива, яка в залежності від призначення печі, її початкового технічного стану та режиму роботи складає 20 – 55 %.

Список літератури

1. Венгер, В. В. Тенденції та вектори розвитку металургійної галузі України / В. В. Венгер, Н. І. Романовська, М. Б. Чижевська // *Агросвіт.* – 2022. – № 4. – С. 37-47

2. Шатоха, В. І. Сталий розвиток в чорній металургії / В. І. Шатоха. –Дніпропетровськ : Дріант, 2015. – 184 с.

3. Гупало, Е. В. Энергосберегающие режимы нагрева под термообработку прямошовных электросварных труб в секционной печи / Е. В. Гупало, В. И. Гупало // Металургійна теплотехніка: Збірник наукових праць Національної металургійної академії України. – Дніпропетровськ: "ПП Грек О.С.", 2006. – С. 132 – 138.

4. Аріес, Е. Найкращі доступні технології та методи управління (НДТМ). Довідковий документ для промисловості з обробки чорних металів/ Е. Аріес, Х. Ґомес Бенавідес, С. Мавроматіс, Ґ. Кляйн, Г. Хронопулос, С. Рудьє // Люксембург: Відділ публікацій Європейського Союзу. – 2022. – 868 с. http://doi.org/10.2760/196475

УДК 669.23.002.8:626

В.Г. Єфімова

КПІ імені Ігоря Сікорського, м. Київ

ПРОДУВАННЯ МЕТАЛУ У ПРОМІЖНОМУ КОВШІ МБРЗ З МЕТОЮ ВИДАЛЕННЯ НЕМЕТАЛЕВИХ ВКЛЮЧЕНЬ

Головним показником, що дозволяє оцінити якість відлитої продукції, є вміст неметалевих включень. При цьому слід врахувати той факт, що безпосередній відбір проб і дослідження зразків фізико-хімічної системи розплав сталі-шлак – неметалеві включення неможливо.

У процесі продування стали інертним газом бульбашки аргону захоплюють краплі металу з неметалевими включеннями, що містяться у них, а потім виносяться в шлакову фазу, де протікає процес адсорбції їх шлаком [1-3]. При цьому механізм і кількість видалених включень у даному випадку все ще недостатньо вивчені, а більшість дослідників в основному розглядає механізм захоплення металевих крапель у шлак і висловлює припущення, що рушійною силою цього процесу є розрив металевої плівки на аргоновому пухирі.

Для визначення траєкторії руху одиничної краплі заліза, що переміщається у шлаковій фазі, було використано закон балістичного руху в координатній формі.

В результаті було визначено резидентний час перебування крапель металу у шлаковій фазі при різних витратах інертного газу та діаметрах пузиря аргону.

Результати розрахунків показали, що швидкість рафінування, а, отже, і вміст неметалевих включень знижується з часом і при досягненні резидентного часу 1,2 с стає постійною і становить 0,4%-1.

Для перевірки теоретичних розрахунків було проведено порівняльні експерименти з використанням продувних фурм великої протяжності рис.1 шляхом розливання дослідно-промислових серій плавок.

Метою досліджень було визначення кількості та складу неметалевих включень у безперервнолитих слябах та готовому прокаті.

Після остаточної установки промківша МНЛЗ подачу аргону починали при досягненні рівня, що відповідає приблизно 40 т рідкого металу. Витрата аргону становила 5, 9, 12 і 15 л·мин-1 при тиску 6 атм.

Промислові дослідження проводилися на сталі марки BVA на сляби перетином 200х1245 мм.

Оцінка неметалевих включень проводилася за ASTM EN 45-05 методом А.

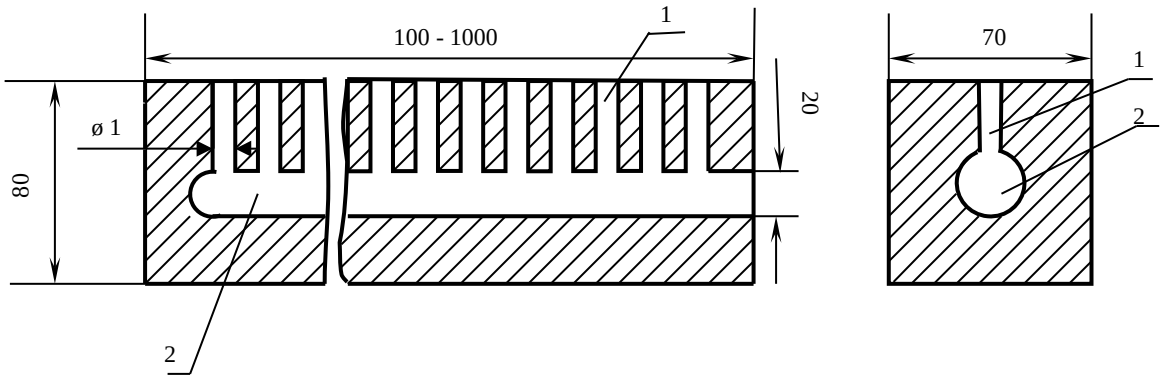

Рис. 1. Конструкція протяжної фурми: 1 – малий газовидільний канал; 2-основний газорозподільний канал.

Результати оцінки неметалевих включень наведені у Таблиці 1.

Таблиця 1 – Результати оцінки неметалевих включень методом А

Витрати аргону л·хв$^{-1}$	Бал неметалевих включень	Тип А		Тип В		Тип С		Тип D		
		тонкі	товсті	тонкі	товсті	тонкі	товсті	тонкі	товсті	Діаметр вкп., мкм
15	Средній бал	0,58	0,17	0,58	0	0	0	1,0	0	4,42
	Максимальний бал	1,0	1,0	2,5	0	0	0	1,0	0	5,08
13	Средній бал	1,75	0	1,08	0	0	0	1,0	0	3,06
	Максимальний бал	2,5	0	2,5	0	0	0	1,0	0	5,08
12	Средній бал	0,5	0	1,0	0	0	0	0,5	0	1,62
	Максимальний бал	0,5	0	1,5	0	0	0	0,5	0	4,08
10	Средній бал	0,5	0	0,33	0	0	0	0,5	0	1,7
	Максимальний бал	0,5	0	1,0	0	0	0	0,5	0	4,9
9	Средній бал	1,17	0,58	1,33	0,17	0	0	1,0	0,42	2,87
	Максимальний бал	1,5	2,0	2,0	0,33	0	0	1,0	1,5	4,9
5	Средній бал	1,83	0,08	0,67	0,19	0	0	1,0	1,17	1,86
	Максимальний бал	3,0	0,5	2,0	0,4	0	0	1,0	2,0	5,08

Дані промислових випробувань показали, що найкращі результати рафінування металу від неметалевих включень спостерігаються за витратами газу 10-12 л·мин-1.

Результати роботи свідчать, що збільшення резидентного часу перебування краплі металу в фазі шлаку сприятливо позначається на процесі рафінування металу від

неметалевих включень. При цьому його діапазон лежить в 0,1-0,6 с, а середня швидкість рафінування становить 0,27-0,30% мас. · $с^{-1}$. Металографічні дослідження підтвердили, що найкращі результати рафінування досягаються при витраті газу в діапазоні 10-12 $л\text{-}хв^{-1}$.

Список літератури

1. Huang J., Yuan Z., Shi S., Wang B., Liu C. Flow characteristics for two – strand tundish in continuous slab casting using PIV//Metals. 2019. №9. P. 41-52.
2. Gushchin V. N. , Ul'yanov V. A. Improved tundish refining of steel in continuous-casting machines// Steel in Translation. 2017.Vol. 47. N 5. P. 320–324.
3. Smirnov, A.N., Efimova, V.G., Verzilov, A.P., Maksaev, E.N. Clogging of submersible nozzles in continuous slab-casting machines// Steel in Translation, 2014, Vol. 44 (11), P. 833-837.

УДК 669.57.893

В.Г. Єфімова

ТОВ «Технічний університет «Метінвест політехніка», м. Запоріжжя

КІНЕТИКА ПРОЦЕСУ РОЗЧИНЕННЯ ЧАСТИНОК ГЛИНОЗЕМУ У РАФІНУВАЛЬНОМУ ШЛАКУ ПРОМІЖНОГО КОВША

Розчинення твердих частинок Al_2O_3 у рідкому шлаку можна описати за допомогою наступних процесів, гомогенною хімічною реакцією на межі поділу фаз $Al_2O_{3(тв.)} \rightarrow Al_2O_{3(р.)}$ та масообмінних процесів, що відбуваються у рідкій фазі $Al_2O_{3(р.)} \rightarrow Al_2O_{3(р.)}$.

Відомо, що при розчиненні неметалевої фази у рідкому шлаку не супроводжується утворенням нових та проміжних хімічних сполук. Отже контроль швидкості розчинення твердих частинок Al_2O_3 у наших дослідженнях може бути описаний законами масопереносу на межі поділу двох рідких фаз розплав сталі – шлак.

Отже швидкість розчинення твердих частинок Al_2O_3 можна характеризувати масообмінним потоком та описати рівнянням масопереносу таким чином [1-3]:

$$J = -k\left(C_{ст} - C_{ш}\right), \qquad (1)$$