

*аспирант Васильев Д.Б.,
аспирант Кузнецов Д.Ю.,
к. т. н., доц. Кравченко В.М.,
к. т. н., доц. Куберский С.В.
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)*

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КИСЛОРОДНО- КОНВЕРТЕРНОГО ПРОЦЕССА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВАРИАНТАХ ВЕДЕНИЯ ПЛАВКИ

Проаналізовано технологічні показники киснево-конвертерного процесу при різних варіантах ведення плавки. Обрано оптимальну технологічну схему виплавки сталі у кисневому конвертері.

Характерной особенностью реконструкции металлургических предприятий Украины является внедрение современных технологических схем производства стали, включающих кислородный конвертер, установку печь-ковш и МНЛЗ.

Основной проблемой данного сталеплавильного комплекса является обеспечение максимального выхода жидкого металла, получение стабильно низкого содержания фосфора и заданной температуры, при высокой стойкости футеровки конвертеров. Только в этом случае обеспечивается минимальная себестоимость полупродукта, передаваемого на УПК.

В связи с этим были предложены технологические приемы ведения плавки – раздувка шлака азотом (ошлакование футеровки) для повышения стойкости футеровки конвертеров и промежуточное скачивание шлака для высокой степени дефосфорации металла.

В кислородных конвертерах требуемое содержание фосфора в металле к концу продувки при переделе малофосфористых чугунов (до 0,1-0,12 %) достигается без принятия специальных мер при самом простом шлаковом режиме: шлак по ходу плавки не спускается; основность шлака минимальная, предотвращающая чрезмерное разрушение футеровки (2,5-2,8).

При переделе чугунов с обычным содержанием фосфора (0,15-0,30 %), как правило, также не требуется спуска шлака по ходу плавки, но основность шлака в необходимых случаях (содержание фосфора в чугуне более 0,20 % или выплавка качественной стали с низким содержанием фосфора – менее 0,030 %) должна быть повышена до 3,0-3,5 и более.

Передел высокофосфористых чугунов (1,5-2,0 %) связан с обязательными специальными мерами по улучшению дефосфорации металла – спуск шлака (одно- или двухкратный) по ходу плавки, максимальная интенсификация растворения извести и др. [1].

На заводе Индиана Харбор фирмы LTV (ЛТВ) впервые применили технологию раздувки шлака в рамках общей программы службы огнеупоров. Среди достижений – рекордный термин службы футеровки, который составил 15658 плавов, повышение коэффициента использования конвертера с 78 % в 1984 г. до 98 % в 2002 г. и снижение затрат на торкретирование на 66 % при снижении удельных затрат огнеупоров на 0,38 кг/т. Достигнуто даже увеличение выхода годного благодаря длительной эксплуатации агрегата со сношенной футеровкой и увеличенной вследствие этого емкостью.

Благодаря раздувке шлака появляется возможность легирования стали азотом при вдувании газа на конечной стадии конвертерной плавки. Практически на всех заводах, где внедрили новую технологию, добились вдвое большей длительности компании без увеличения затрат торкрет-материала.

При внедрении технологии раздувки шлака были рассмотрены металлургические аспекты, в том числе повышение содержания фосфора или серы в стали, ухудшение параметров плавки на выпуске. Ни на одном из заводов, где применяют новую технологию, с этими потенциально существующими проблемами на практике пока что не столкнулись [2].

Задачей данной статьи является анализ технологических параметров кислородно-конвертерного процесса при различных вариантах ведения плавки.

На опытно-промышленной кампании плавов (443 плавки) проведен анализ технологических параметров кислородно-конвертерного процесса при различных вариантах ведения плавки.

Были рассмотрены 4 варианта (табл.) конвертерной плавки: 1 вариант – с промежуточным скачиванием шлака без ошлакования футеровки конвертера (55 плавов); 2 вариант – с промежуточным скачиванием шлака и ошлакованием футеровки конвертера (46 плавов); 3 вариант – одношлаковый процесс без ошлакования футеровки конвертера (197 плавов); 4 вариант – одношлаковый процесс с ошлакованием футеровки конвертера (145 плавов).

Анализ удельного расхода металлошихты на опытных плавках показал, что максимальные значения этого параметра характерны для первого варианта

(1156,472 кг/т), а минимальные 1131,940 кг/т (на 24,532 кг/т меньше) для четвертого (рис. 1). Таким образом, можно с уверенностью утверждать, что промежуточное скачивание шлака приводит к существенному повышению расхода металлошихты, за счет потерь металла со скачиваемым шлаком и увеличения общей массы шлака (т. е. перехода металла в скачиваемый шлак и во вновь наведенный шлак).

Таблица – Технологические параметры конвертерной плавки при различных вариантах ведения плавки

	Варианты ведения плавки			
	Со скачиванием шлака и ошлакования футеровки	Со скачиванием шлака и ошлакованием футеровки	Одношлаковый процесс без ошлакования футеровки	Одношлаковый процесс с ошлакованием футеровки
Количество опытных плавов, шт	55	46	197	145
Удельный расход металлошихты, кг/т	1156,47	1151,61	1139,26	1131,94
В т. ч. передельного чугуна, кг/т	887,513	887,672	876,057	876,862
В т. ч. стального скрапа, кг/т	268,959	263,942	263,203	255,078
Удельный расход извести, кг/т	70,802	74,315	73,587	75,755
Удельный расход плавикового шпата, кг/т	1,355	1,437	1,463	1,461
Средний хим. состав чугуна, %				
Si	0,892	0,931	0,906	0,860
Mn	0,382	0,424	0,406	0,386
S	0,044	0,050	0,044	0,044
P	0,105	0,113	0,111	0,103
Средний хим. состав извести, %				
CaO	86,728	86,859	87,579	87,071
MgO	2,708	2,652	2,216	2,581
п.п.п.	6,351	5,678	5,987	5,785
Хим. состав металла перед раскислением, %				
C	0,065	0,057	0,057	0,052
Mn	0,066	0,069	0,109	0,106
S	0,039	0,043	0,042	0,043
P	0,006	0,006	0,012	0,013
Температура металла перед раскислением, °С	1618,72	1619,34	1625,17	1625,89
Основность конечного шлака, ед	3,141	3,040	2,832	2,864
Окисленность конечного шлака, %FeO	18,540	18,512	16,790	17,285
Степень дефосфорации металла, %	93,562	94,018	87,654	85,604

Продолжение таблицы

Выход годного металла, %	86,470	86,835	87,776	88,344
Средняя продолжительность плавки, мин	57,618	65,174	51,640	52,772
Отклонение себестоимости по сравнению с 4 вариантом, грн/т	+26,730	+22,682	+7,072	

При этом удельный расход передельного чугуна в вариантах без промежуточного скачивания шлака снижается на 11 кг/т по сравнению с вариантами с промежуточным скачиванием шлака, причем варианты без ошлакования футеровки конвертера имеют несколько меньший удельный расход чугуна по сравнению с вариантами с ошлакованием футеровки.

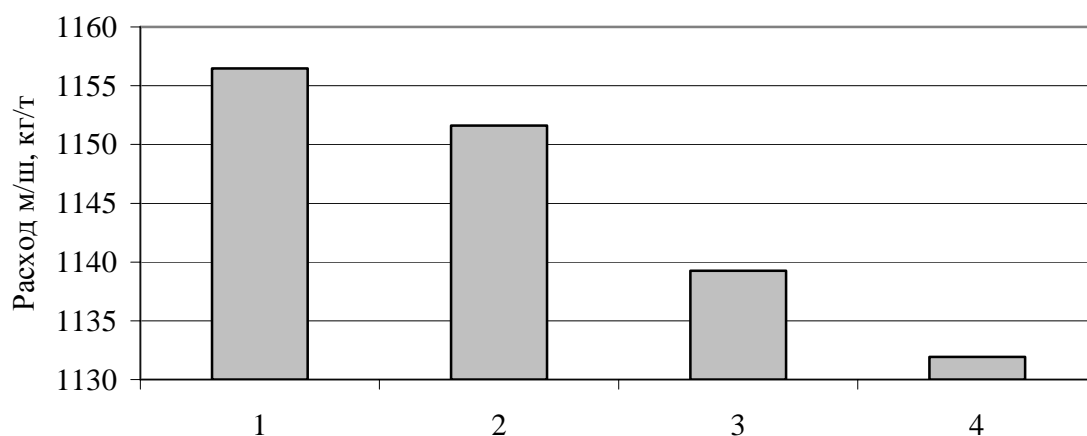


Рисунок 1 – Расход металлошихты при различных вариантах ведения конвертерной плавки

Доля стального скрапа в составе металлошихты составляет: для первого варианта – 23,257 %, для второго варианта – 22,919 %, для третьего варианта – 23,103 % и для четвертого варианта – 22,534 %, то есть изменяется незначительно (в пределах 0,7 %).

Удельный расход извести минимальный по первому варианту – 70,802 кг/т, максимальный 75,755 кг/т (больше на 4,953 кг/т) в четвертом варианте, что связано с использованием дополнительного количества извести при нанесении шлакового гарнисажа.

Удельный расход плавикового шпата колеблется в пределах 1,355 ÷ 1,463 кг/т.

Средний химический состав использованного чугуна и извести во всех вариантах отличался незначительно, что свидетельствует о незначительном влиянии этого фактора на показатели различных вариантов шлакового режима.

Повалку конвертера во всех вариантах осуществляли при содержании углерода в металла в среднем 0,05-0,06 %. Однако содержание остаточного марганца в металле при вариантах без скачивания промежуточного шлака было выше на 0,04 %, что способствует снижению расхода марганец содержащих ферросплавов при раскислении и легировании стали. В вариантах со скачиванием шлака удалялось в среднем 0,005-0,007 % серы, в одношлаковых вариантах – 0,001-0,002 %. Промежуточное скачивание шлака обеспечивает существенную дефосфорацию металла. Среднее остаточное содержание фосфора в металле составляет 0,006 % при степени дефосфорации 93,5-94 %, против 0,012-0,013 % при работе без скачивания шлака и степени дефосфорации на уровне 85,6-87,6 %.

Промежуточное скачивание шлака приводит к снижению температуры металла на выпуске на 5-6 °С, что объясняется потерей тепла со скачиваемым шлаком и удлинением плавки, ошлакование футеровки способствует улучшению теплового баланса конвертерной плавки за счет физического тепла шлака нанесенного на футеровку конвертера (рис. 2).

Основность конечного шлака выше на вариантах с промежуточным скачиванием шлака по сравнению с вариантами без скачивания. Это объясняется тем, что первичный шлак, содержащий SiO₂, скачивали, а новый вводили присадкой извести и плавикового шпата. Ошлакование футеровки практически не влияет на основность конечного шлака (рис. 3).

Окисленность конечного шлака ниже при одношлаковом процессе (17,037 %) по сравнению с вариантами с промежуточным скачиванием шлака (18,526 %), что...

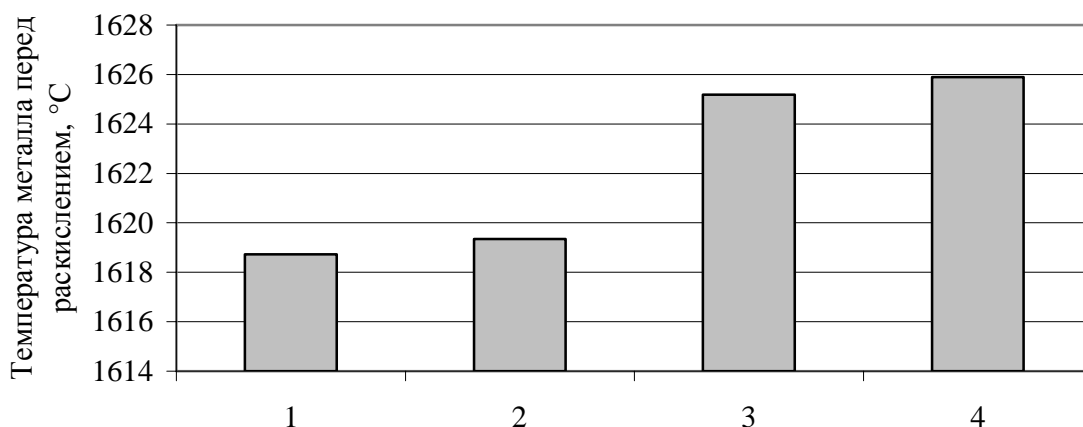


Рисунок 2 – Температура металла перед раскислением при различных вариантах конвертерной плавки

что свидетельствует о несколько меньшем переокислении ванны при работе без скачивания шлака.

Наиболее продолжительные плавки были во втором варианте (65,17 мин), наименее продолжительные – в третьем (51,64 мин) (рис. 4), что объясняется затратой времени на промежуточное скачивание шлака (до 10 мин) и нанесение шлакового гарнисажа (до 7 мин). При этом различие в длительности плавки одношлаковым процессом с ошлакованием футеровки и без – незначительно (в среднем 1 мин).

Выход годного металла наибольший при четвертом варианте (88,344 %), наименьший – при первом варианте технологии (86,470 %) (рис. 5), что оказывает существенное влияние на себестоимость стали.

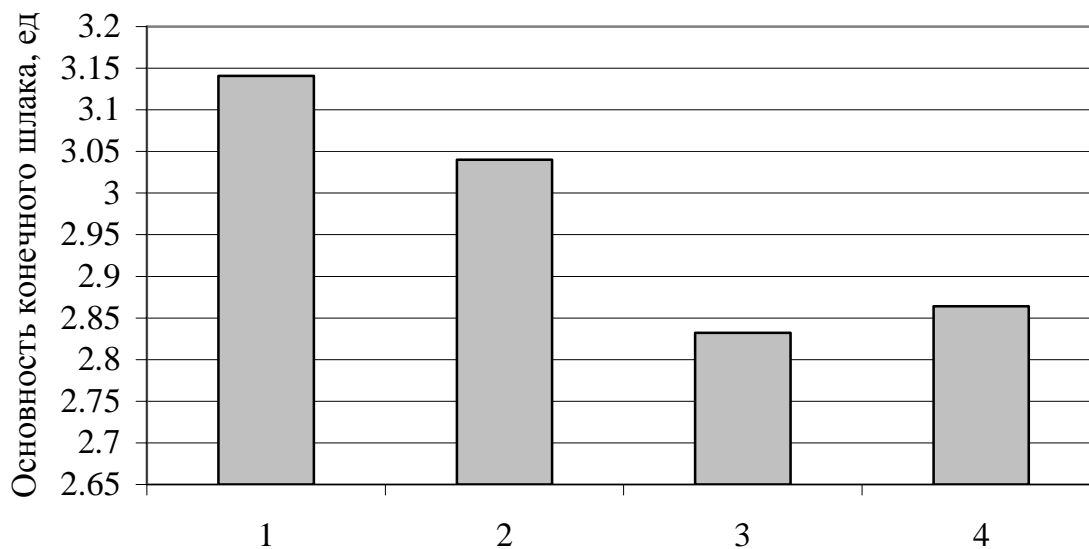


Рисунок 3 – Основность конечного шлака при различных вариантах ведения конвертерной плавки

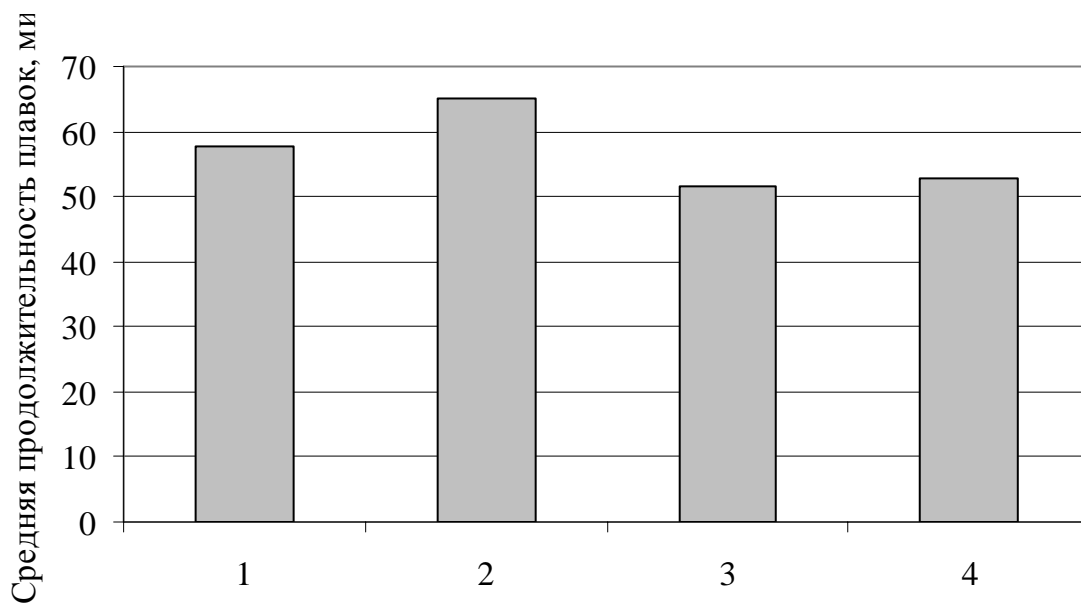


Рисунок 4 – Средняя продолжительность плавки при различных вариантах ведения плавки

Оптимальная себестоимость стали получена при одношлаковом процессе с ошлакованием футеровки, при остальных вариантах ведения плавки себестоимость стали повышается по третьему варианту на 7,07 грн/т, по второму варианту – на 22,68 грн/т и по первому варианту – на 26,73 грн/т.

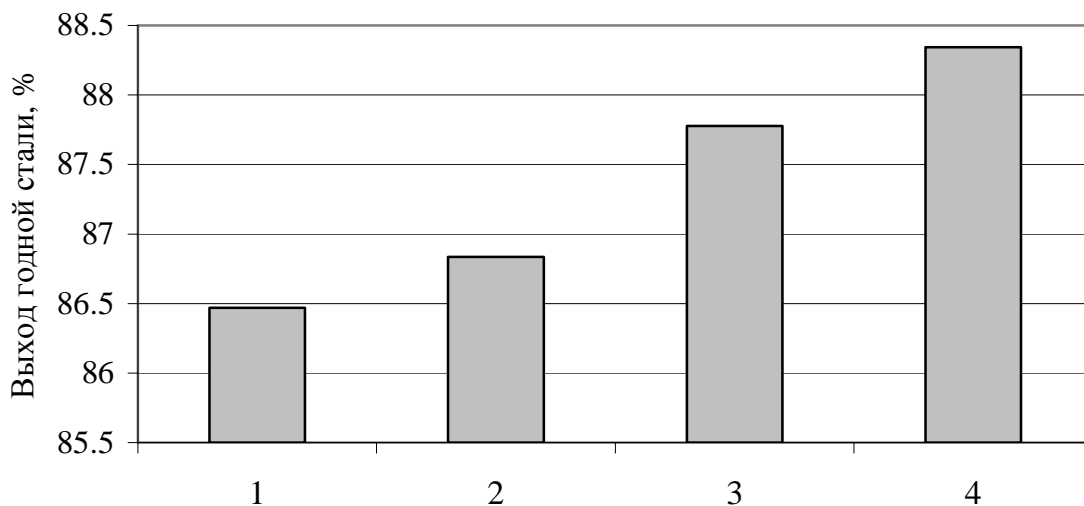


Рисунок 5 – Выход годной стали при различных вариантах ведения плавки

В результате проведенного анализа было установлено, что наилучшие технологические показатели характерны варианту с одношлаковым режимом конвертерной плавки и нанесением шлакового гарнисажа на футеровку конвертера.

При такой технологической схеме выплавки стали обеспечивается:

- более раннее формирование рафинировочного шлака;
- приемлемая степень дефосфорации;
- максимальный выход годного полупродукта.
- минимальная себестоимость стали.

Проанализированы технологические показатели кислородно-конвертерного процесса при различных вариантах ведения конвертерной плавки. Выбрана оптимальная технологическая схема выплавки стали в кислородном конвертере.

The technological indexes of oxygen-converter process are analyzed at the different variants of conduct of the converter melting. The optimal variant of conduct of melting is chosen.

Библиографический список.

1. Основы математического описания и расчеты кислородно-конвертерных процессов производства стали / Бигеев А. М., Колесников Ю. А. // Изд-во «Металлургия». – 1970. – С. 52.

2. Бойченко Б. М., Охотський В. Б., Харлашин П. С. Конвертерне виробництво сталі: теорія, технологія, якість сталі, конструкції агрегатів, рециркуляція матеріалів і екологія: Підручник. – Дніпропетровськ: РВА «Дніпро-ВАЛ». – 2004. – С. 145-146.

*Рекомендовано к печати
д. т. н., проф. Петрушовым С.Н.*