

**В.П.Корченко, Л.Г.Тубольцев, В.Ф.Поляков, Н.И.Падун,
А.М.Шевченко**

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ВЫПЛАВКИ В КОНВЕРТЕРАХ С КОМБИНИРОВАННОЙ ПРОДУВКОЙ НИЗКОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ

Исследованы технологические возможности заключительных этапов кислородно-конвертерного процесса с комбинированной продувкой для обеспечения ряда ключевых параметров, определяющих условия выплавки низкоуглеродистого металла.

Введение. Конвертерное производство находится на этапе модернизации, одним из элементов которой является реализация прогрессивной технологии с комбинированной продувкой. Известно, что эта технология широко используется за рубежом и обеспечивает снижение энерго- и материалоемкости процесса, повышение качества стали, возможность производства продукции со специальными свойствами [1,2]. В таких условиях возрастает потребность в информации об особенностях и возможностях технологий выплавки металла в конвертерах с комбинированной продувкой и, особенно, возможностях глубокого обезуглероживания металла [3], а также, в целом, обеспечения химсостава металла для производства чистых сталей.

Постановка задачи. На экспериментальной базе ИЧМ было проведено исследование особенностей технологии с комбинированной продувкой для получения металла с низким и сверхнизким содержанием примесей. Опытные плавки проводили в 1,5-т конвертере. Главной задачей настоящего исследования являлось определение влияния заключительных этапов кислородно-конвертерной плавки с комбинированной продувкой на итоговые технологические показатели процесса, поскольку именно на этих этапах обеспечивается необходимое содержание углерода и минимальные концентрации вредных примесей в металле.

Исследовались технологии конвертерной плавки с комбинированной продувкой, которые отличались по виду заключительных этапов:

1. начало падения факела;
2. полное падение факела;
3. передув после полного падения факела;
4. продувка (промывка) металла нейтральным газом после передува;
5. продувка (промывка) металла нейтральным газом после полного падения факела.

Изменение содержания углерода по заключительным этапам плавки представлено на рис.1. К началу падения факела содержание углерода в

металле составляет 0,089–0,170%, при полном падении факела – 0,021–0,053%, после передувки – 0,014–0,040%, после продувки нейтральным газом – в обоих случаях менее 0,010–0,020%. Во все технологические этапы процесса после начала падения факела содержание углерода и разброс между максимальными и минимальными значениями снижается. На всех представленных рисунках левый столбик представляет максимальное значение из совокупности данных, правый столбик – минимальное значение.

Одной из задач исследования было определение элементов технологий, обеспечивающих получение как можно более низкого содержания углерода в металле. Исходя из этого, варианты, обеспечившие содержание углерода менее 0,010%, проанализировали подробнее (рис.2).

При сопоставлении представленных на рис.1 и 2 данных выявлены следующие параметры, обеспечившие содержание углерода 0,010% и менее:

содержание углерода в начале падения факела, при полном падении факела и после передувки находится близко к минимальным значениям анализируемой совокупности;

длительность продувки нейтральным газом после передувки – 2-3 мин;

длительность продувки нейтральным газом после полного падения факела – 3 мин, т.е. максимальное значения для исследованных вариантов.

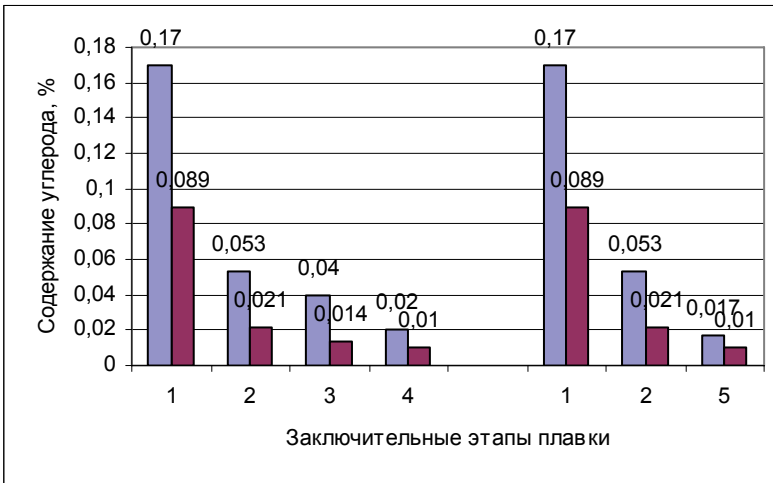


Рис.1. Изменение содержания углерода в металле по заключительным этапам плавки. Содержание углерода в чугуна - 3,55-4,32%. Слева – этапы 1–4, справа – 1,2 и 5.

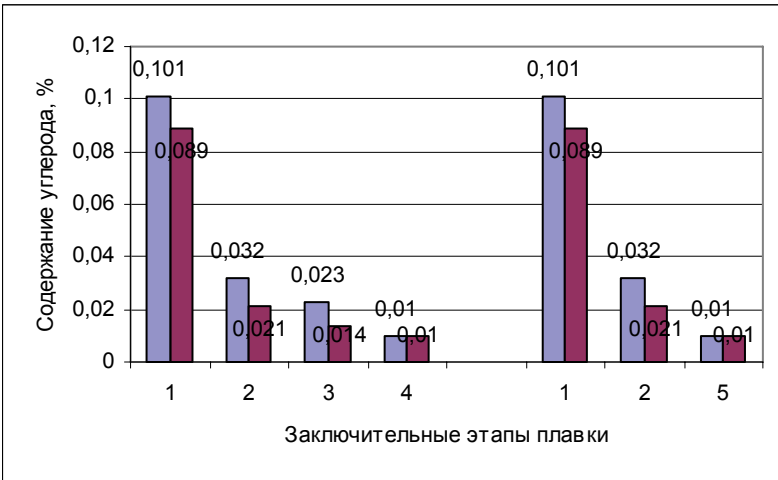


Рис.2. Изменение содержания углерода в металле по заключительным этапам плавки, обеспечившим содержание углерода в металле менее 0,01%. Слева – этапы 1–4, справа – 1,2 и 5

Поскольку анализ данных, представленных на рис.1 и 2, качественно показал наличие взаимосвязей между входными и выходными значениями содержания углерода в металле, то для количественной оценки взаимосвязи были проанализированы по позициям:

А) зависимость содержания углерода в металле на этапе начала падения факела от содержания углерода в чугуна;

Б) зависимость содержания углерода в металле на этапе полного падения факела от содержания углерода в чугуна;

В) зависимость содержания углерода в металле при полном падении факела от содержания углерода в металле в начале падения факела;

Г) зависимость содержания углерода в металле после этапа передувки от содержания углерода в металле после полного падения факела.

Полученные зависимости представлены на рис.3-6.

Результаты исследования. Как показывают полученные результаты, по позициям А,В,Г (рис.3,5,6) значения выходных величин находятся в прямой зависимости от входных. По позиции Б (рис.4) связь между содержанием углерода на этапе полного падения факела от содержания углерода в исходном чугуна проявляется слабо.

Зависимости содержания углерода в металле по позициям А,В,Г представляют большой практический интерес, поскольку они раскрывают возможности получения металла с низким содержанием углерода. Природа связи входных и выходных параметров по содержанию углерода требует дополнительного исследования, поскольку продукт реакции (СО) удаляется из конвертера, а не распределяется, например, между металлом и

шлаком, что характерно для реакций других примесей чугуна. Тем не менее, факт наличия полученных взаимосвязей можно считать экспериментально установленным.

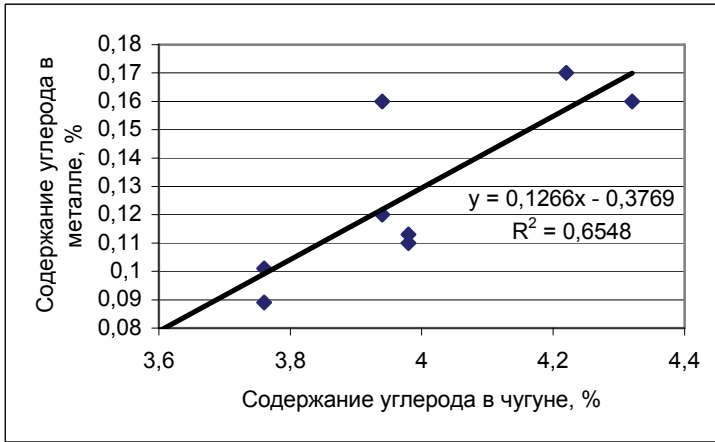


Рис.3. Зависимость содержания углерода в металле на этапе начала падения факела от содержания углерода в чугуне (позиция плана А).

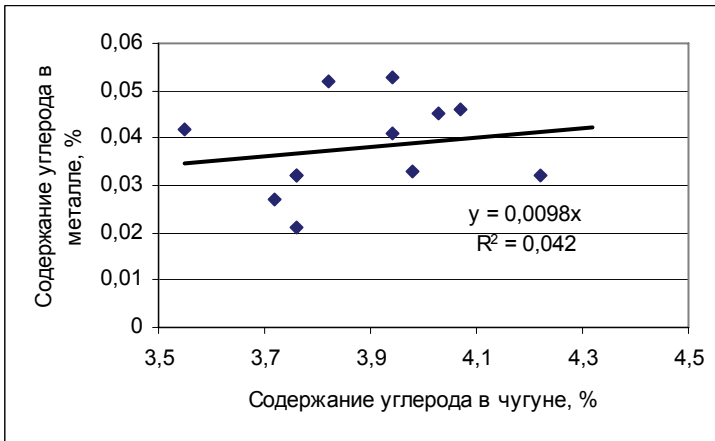


Рис.4. Зависимость содержания углерода в металле на этапе полного падения факела от содержания углерода в чугуне (позиция плана Б).

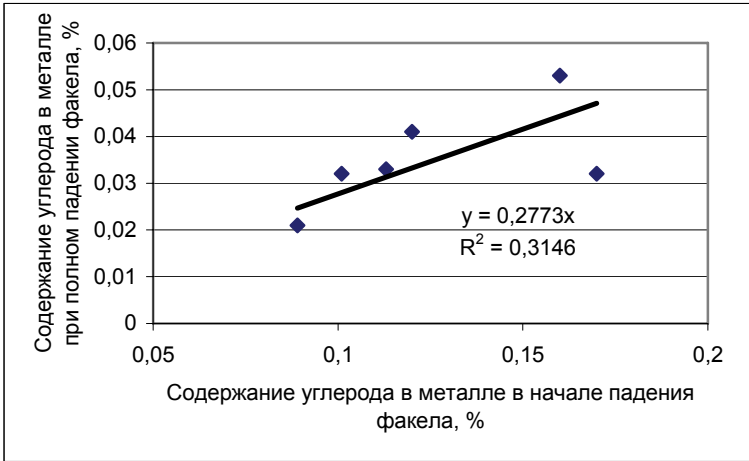


Рис.5. Зависимость содержания углерода в металле при полном падении факела от содержания углерода в начале падения факела (позиция плана В).

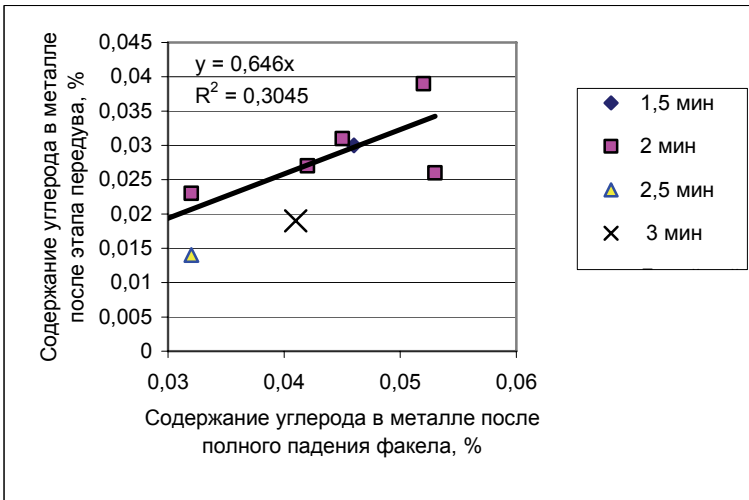


Рис.6. Зависимость содержания углерода в металле после этапа передова от содержания углерода в металле после полного падения факела (позиция плана Г). Длительность передова 1,5 – 3,0 мин.

Заключение.

В результате проведенного исследования определена динамика изменения содержания углерода в металле в условиях кислородно-конвертерной плавки с комбинированной продувкой на заключительных

этапах процесса, начиная от падения факела и заканчивая продувкой нейтральным газом без подачи кислорода.

Заключительные этапы, по сравнению с продувкой до начала падения факела, кратковременны, но они характеризуются значительными изменениями ряда важных технологических показателей. Именно на этих этапах достигаются низкие и сверхнизкие содержания углерода в металле, что является предпосылкой получения сталей высокого качества.

1. *Технология* производства стали в современных конвертерных цехах / под ред. С.В. Колпакова. – М.: «Машиностроение», 1991. – 461 с.
2. *Бойченко Б.М., Охотский В.Б., Харлашин П.С.* Конвертерне виробництво сталі: теорія, технологія, якість сталі, конструкції агрегатів, рециркуляція матеріалів і екологія. Підручник. – Дніпропетровськ; «Дніпро-Вал», 2004. – 454 с.
3. *Охотский В.Б.* Термодинамика глубокого обезуглероживания при продувке металла // *Металл и литье Украины*. – 2005. – № 3–4. – С.29-30.

Статья рекомендована к печати д.т.н., проф. Э.В.Приходько