

Министерство образования и науки Российской Федерации
Сибирский государственный индустриальный университет

Посвящается 400-летию города Новокузнецка

**МЕТАЛЛУРГИЯ:
ТЕХНОЛОГИИ, ИННОВАЦИИ, КАЧЕСТВО
«Металлургия – 2017»**

15 – 16 ноября 2017 г.

Труды

XX Международной научно-практической конференции

Часть 2

**Новокузнецк
2017**

На основании проведенных исследований в ЭСПЦ АО «ЕВРАЗ ЗСМК» внедрена технология внепечной обработки рельсовой стали последовательно на двух агрегатах «ковш-печь», что позволило достичь рекомендуемых значений длительности продувки инертным газом [10].

Библиографический список

1. Дерябин А.А., Добужская А.В. Исследование эффективности процессов раскисления, модификации и микролегирования рельсовой стали // Сталь. 2000. №11. С. 38-43.
2. Дерябин А.А., Рабовский В.А., Шур Е.А. Повышение требований к качеству железнодорожных рельсов в новом национальном стандарте // Сталь. 2000. № 11. С. 82-85.
3. Deryabin A.A., Mogil'nyi V.V. More effective removal of oxide inclusions from rail steel in the intermediate ladle // Steel in Translation. 2010. Vol. 40. No 5. pp. 464-471.
4. Deryabin A.A., Semenkov V.E., Matveev V.V., Dobuzhskaya A.B., Karimov Kh.I. Quality of rails from steel alloyed with chromium and vanadium // Stal'. 2004. No 1. pp. 58-61.
5. Golovatenko A.V., Umansky A.A., Dorofeev V.V. Analysis of the main trends in the development of rail production in Russia and abroad // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 150 (2016) 012002.
6. Golovatenko A.V., Umansky A.A., Kadykov V.N. Improvement of rolling modes of long length rails on the universal rail and structural steel mill "EVRAZ ZSMK" // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 150 (2016) 012028.
7. Yurev A.B., Kozyrev N.A., Boikov D.V., Feiler S.V., Zakharova T.P. Influence of melt oxidation on the quality of rail steel // Steel in Translation. 2013. Vol. 43. No 2. pp. 42-46.
8. Kozyrev N.A., Protopopov E.V., Aizatulov R.S., Boikov D.V. New production technology for rail steel // Steel in Translation. 2012. Vol. 42. No 2. pp. 110-113.
9. Korneva L.V., Yunin G.N., Kozyrev N.A., Atkonova O.P., Polevoi E.V. Quality comparison of «NKKM» and imported rails // Steel in Translation. 2010. Vol. 40. No 12. pp. 1047-1050.
10. Kozyrev N.A., Protopopov E.V., Umanskii A.A., Boikov D.V. Improving the reduction and ladle treatment of electrosteel for rail production // Steel in Translation. 2015. Vol. 45. No 10. pp. 717-722.

УДК 669.187

ИЗУЧЕНИЕ ПОВЕДЕНИЯ МАРГАНЦА В ОКИСЛИТЕЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ

Дмитриенко В.И., Протопопов Е.В., Дмитриенко А.В., Носов Ю.Н.

Сибирский государственный индустриальный университет,
г.Новокузнецк, Россия, dmvliv@gmail.com

Аннотация: Термодинамическими расчетами изучены возможные пределы повышения остаточного содержания марганца в окислительных условиях сталеплавильных процессов. В условиях действующего производства исследовано поведение марганца при окислении углерода для конвертора (300т) и электросталеплавильной печи (100т). Промышленные данные подтвердили термодинамические расчеты. Предложены технологические приемы внедрение которых позволит снизить расход марганцевых ферросплавов.

Ключевые слова: марганец, углерод, окисление, конвертор, электропечь.

RESEARCH OF MANGANESE BEHAVIOR IN OXIDATIVE CONDITIONS OF STEELMAKING PROCESS

Dmitrienko V.I., Protopopov E.V., Dmitrienko A.V., Nosov U.N.

Siberian state industrial university,
s.Novokuzneck, Russia, dmvliv@gmail.com

Abstract: Wherewith thermodynamic calculations studied possible limits of rising remaining content of manganese in oxidative conditions of steelmaking process. Manganese behavior has been explored during oxidation of carbon for converter (300 tons) and electric steelmaking furnace (100 tons). Industrial data confirmed thermodynamic calculations. Implantation of technologies that has been proposed let reduce con-

sumption of manganese ferroalloys.

Key words: manganese, carbon, oxidation, converter, electric furnace.

С ростом производства сталей и повышением их качества происходит и повышение расхода ферросплавов. Для России серьёзную проблему представляет снабжение марганцевыми ферросплавами, т.к. собственное производство крайне недостаточно, а его увеличению препятствует отсутствие запасов именно марганцевых руд, требуемого для ферросплавного производства количества и качества.

Частичное решение проблемы может быть достигнуто путем разработки новых ресурсосберегающих технологий, обеспечивающих снижение расхода марганцевых ферросплавов.

Добиться этого можно за счет повышения остаточного марганца в конце окислительных процессов и, особенно за счет применения технологии прямого легирования оксидными марганцевыми материалами.

К таким материалам можно отнести как марганцевую руду и концентраты, так и техногенные отходы и вторичные ресурсы горно-металлургической промышленности.

Особая привлекательность этого направления состоит в том, что для подобных технологий могут быть привлечены ресурсы небольших месторождений регионального значения. Для Кузбасской металлургии это могут быть марганцевые руды Дурновского и Селезеньского месторождений, а также руды соседнего Алтайского края.

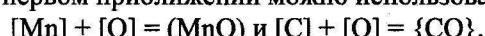
В связи с этим вопрос поведения марганца в окислительных условиях сталеплавильных процессов является весьма актуальным.

Надо подчеркнуть, что различные варианты оптимизации технологий окислительного процесса и прямого легирования опробовались применительно к условиям производства стали как в конверторах, так и мартеновских и электросталеплавильных печах. Однако за последние годы в технологии производства стали внесены серьёзные инновации. Поэтому необходимость дальнейшего изучения данного вопроса применительно к современным металлургическим процессам является актуальной.

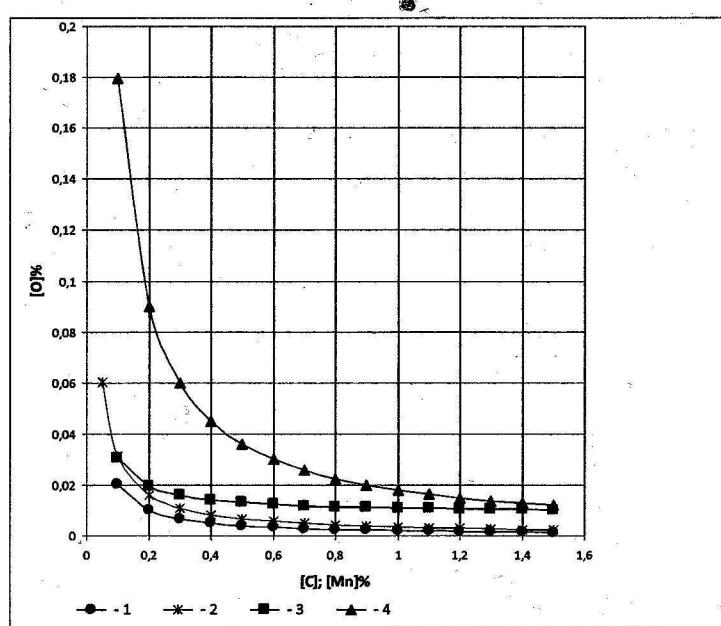
Термодинамический анализ применительно к Mn был проведен исходя из условий стремления к равновесию системы C – Mn – O.

Обычно при рассмотрении окисления марганца используют реакцию:

$[Mn] + (FeO) = (MnO) + [Fe]$ ($\lg K = (6440/T) - 2,95$) [1], т.е. с участием шлаковой фазы. Однако в современных быстротечных сталеплавильных процессах с большим расходом газообразного кислорода в первом приближении можно использовать реакции прямого окисления:



Полученные результаты представлены на рисунке 1.



1- [C] – [O] по реакции $[C] + [O] = \{\text{CO}\}$ при $P_{\text{CO}} = 1 \text{ атм.}$ [2]; 2 - [C] – [O] по практическим данным для 300т – конвертора; 3 - [C] – [O] по практическим данным для дуговых сталеплавильных печей $[O] = -(0,00216/[C]) + 0,00884$ [1]; 4 - [Mn] – [O] по реакции $[Mn] + [O] = (MnO)$ [2].

Рисунок 1 - Соотношение [C] – [O] – [Mn]

Анализ результатов показывает, что практически во всём диапазоне концентраций углерода и марганца, характерных для окислительных условий сталеплавильных процессов именно углерод определяет содержание кислорода в металле. Марганец в стали может не окисляться при его концентрации до $\sim 1,0\%$. Только при снижении содержания углерода менее 0,1% должно снижаться и содержание марганца.

Равновесное содержание углерода и марганца представлено на рисунке 2.

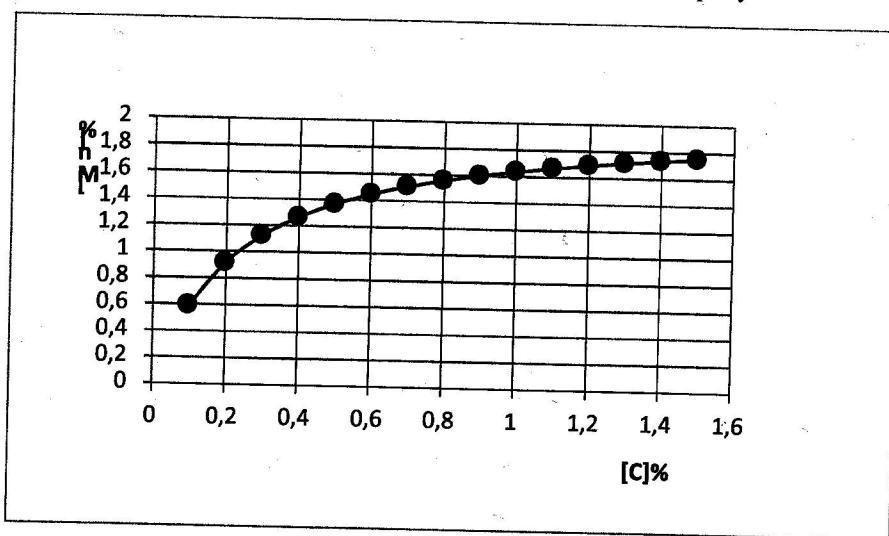


Рисунок 2 - Равновесное соотношение [C] – [Mn] в окислительных условиях.

Совместное поведение углерода и марганца были изучены в условиях действующих производств – конверторного (конвертор ёмкостью 300т) и электросталеплавильного (100т дуговая печь).

Данные по поведению марганца и углерода в конверторной плавки (300т) представлены на рисунке 3.

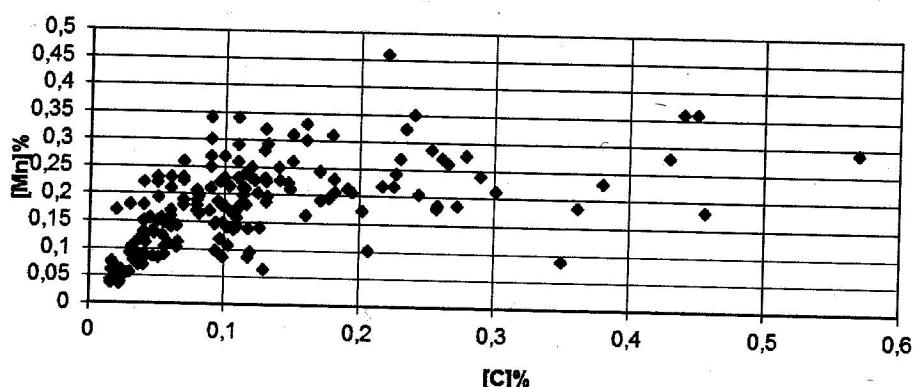


Рисунок 3 - Соотношение [C] – [Mn] в конверторной плавки

Данные по поведению марганца и углерода в электросталеплавильной печи (100т) представлены на рисунке 4.

Анализ полученных промышленных данных показывает, что они хорошо коррелируют с выше представленными термодинамическими расчетами.

Хорошо видно, что по ходу окисления углерода содержание марганца практически не меняется. Только по достижения содержания углерода 0,1% начинает происходить резкое окисление марганца. Концентрация марганца при углероде менее 0,1% становится ниже, чем расчетные значения. Она доходит до 0,05%. Это можно объяснить тем, что при этой концентрации углерода происходит смена лимитирующей стадии процесса окисления. Скорость процесса начинает лимитироваться скоростью массопереноса углерода в металле. Избыточный кислород начинает энергично взаимодействовать с другими элементами, такими как марганец и железо.

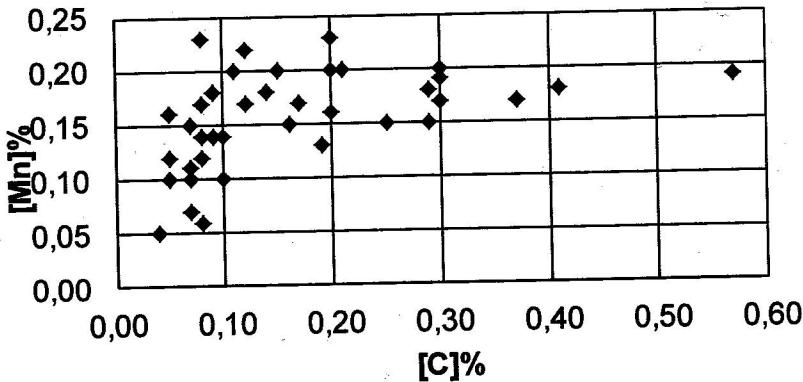


Рисунок 4 - Соотношение [C] – [Mn] на плавки в дуговой электросталеплавильной печи (100т).

Выводы:

Анализ показал, что основными направлениями оптимизации технологии окислительного процесса в вопросе экономии марганцевых ферросплавов являются:

- повышение содержание марганца в металле за счет использования металлошихты с повышенным содержанием марганца;
- прямое легирование марганцем из оксидных марганцевых материалов;
- контроль углерода и соответственно остановка процесса на максимально допустимых его концентрациях на конечных этапах продувки металла кислородом.

Библиографический список

1. Д.Я. Повоюцкий, В.Е.Рощин, Н.В. Мальков Электрометаллургия стали и ферросплавов. – М.: «Металлургия». 1995. - 592с.
2. В.А. Григорян, Л.Н. Белянчиков, Ф.Я. Стомахин Теоретические основы электросталеплавильных процессов. - М.: «Металлургия». 1987. - 271с.

УДК 669.76:669.184.001

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗБРЫЗГИВАНИЯ ШЛАКА В КИСЛОРОДНОМ КОНВЕРТЕРЕ

Синельников В.О., Калиш Д., Шуцки М.

*AGH Научно-технический университет,
Краков, Польша, victoriano090691@gmail.com, dak@agh.edu.pl*

Аннотация: Данная работа посвящена одному из главных проблемных вопросов конвертерного производства – утилизации остаточного шлака и регенерации огнеупорной футеровки кислородных конвертеров. Представлены результаты моделирования процесса «slag splashing» в коммерческих программах «FLOW-3D» и «Solid Works». Даны рекомендации для дальнейшего совершенствования получаемых результатов.

Ключевые слова: кислородный конвертер, огнеупорная футеровка, форма, угол наклона сверхзвуковых сопел, шлаковый расплав.

MODELING OF PROCES SLAG SPLASHING IN THE OXYGEN CONVERTER

Sinelnikov V.O., Kalisz D., Szucki M.

*AGH University of Science and Technology,
Krakow, Poland, victoriano090691@gmail.com, dak@agh.edu.pl*

Abstract: This work is devoted to one of the main problematic issues (question) in converter production – recycling of residual slag and regeneration refractory lining of oxygen converters. Presented the re-