

9. Thomas B.G. Behavior of Argon Bubbles during Continuous Casting of Steel / B.G. Thomas, A. Dennisov, H. Bai // ISS 80th Steelmaking Conference Proceedings – April 13-16 – 1997 – pp. 375-384.
10. Zhang L. Fluid Flow and Inclusion Removal in Continuous Casting Tundish / L. Zhang, S. Taniguchi, K. Cai // Metallurgical Transactions B – 2000, v.31B, April. – P.253-266.
11. Irons G.A. Settling and Clustering of Silicon Carbide Particles in Aluminum Metal Matrix Composites / G. A. Irons, K. Owusu-Boahen // Metallurgical Transactions B – 1995, v.26B, October. – P.981-989.
12. Bloom F. Mathematical Modeling of the Flotation Deinking Process / F. Bloom, T. J. Heindel // Mathematical and Computer Modeling – 1997, v.25, Issue 5, March. – P.13-58.

Надійшла до редакції 27.09.2011

Рецензент к.т.н., доц. Є.В. Штепан

© Костецкий Ю.В., Мач А.В.

УДК 669.168

В.М. Сафонов, Д.В. Проскуренко, К.Е. Писмарев

ВЛИЯНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ПРОДУВКИ РАСПЛАВА В СТАЛЕРАЗЛИВОЧНОМ КОВШЕ НА СКОРОСТЬ ВТОРИЧНОГО ОКИСЛЕНИЯ АЛЮМИНИЯ.

Статья посвящена кинетике процесса вторичного окисления алюминия в сталеразливочном ковше от интенсивности продувки. По промышленным данным установлено, что скорость окисления алюминия при определённых значениях интенсивности продувки имеет критическое значение, начиная с которого увеличение расхода газа приводит к изменению зависимости процесса вторичного окисления алюминия.

Ключевые слова: вторичное окисление, алюминий, сталеразливочный ковш, продувка.

Введение и анализ публикаций по теме исследования

Для снижения содержания кислорода в металле к 0,002% вводят сильный раскислитель (алюминий), концентрация которого в стали должна быть на уровне 0,02-0,04%. Однако в течение обработки происходит непрерывное снижение содержания алюминия в металле за счёт неуправляемого его окисления, что создаёт трудности получения стали требуемого химического состава.

Как показывает практика, вторичное окисление алюминия, является следствием нарушения технологии выпуска металла из конвертера, когда в ковш вместе с металлом попадает шлак с высоким количеством оксидов железа и марганца, а также в результате переливов из сталеразливочного ковша в промежуточный ковш МНЛЗ и далее в кристаллизатор.

Зависимость кинетики вторичного окисления алюминия рассматривается от концентрации взаимодействующих веществ в работах [1, 2]. Однако и скорость циркуляции расплава металла в ковше также способна оказывать влияние на поведение растворенного в стали алюминия. [3, с.164]. Анализ доступных исследований указывает на то, что существует потребность в исследовании зависимости скорости вторичного окисления алюминия от интенсивности продувки и степени окисленности шлака.

Цель работы

Цель исследования получить закономерности скорости вторичного окисления алюминия в сталеразливочном ковше от интенсивности перемешивания и разной степени окисленности шлака.

Основная часть

В условиях кислородно-конвертерного цеха Алчевского металлургического комбината был проведен промышленный эксперимент, где из 300-тонного сталеразливочного ковша АКП высотой 4,75 м и верхним диаметром 3,81 м при пневматическом перемешивании расплава были отобраны пробы металла. Перемешивание в ковше осуществлялось вдуванием аргона через два огнеупорных продувочных блока, расположенных в его днище, с общим удельным расходом инертного газа от 0,2 до 1,2 м³/мин. Толщина шлакового слоя составляла 100 мм (3,5 – 4 тонн). Пробы отбирались после ввода в расплав алюминия с интервалом времени между ними 10-22 мин без ввода дополнительных раскислителей и легирующих. Температура ванны расплава составляла 1530 – 1580 С.

Скорость вторичного окисления алюминия определяли как отношение разности концентрации алюминия между первой и второй пробами к интервалу времени их отбора. Химический состав металла представлен в табл. 1.

Таблица 1 – Химический состав стали, %_{масс.}

C	Mn	Si	S	P	Cr	Cu	Al
0,1- 0,2	0,5- 1,5	0,1- 0,2	0,008- 0,01	0,01- 0,015	0,02- 0,04	0,01- 0,02	0,03- 0,04

Сущность методики состояла в том, чтобы получить данные о скорости окисления алюминия в зависимости от общего удельного расхода вдуваемого газа и окисленности шлака. Поэтому пробы шлака также отбирались для химического анализа содержания в них оксидов железа и марганца. Химический состав шлака представлен в табл. 2.

Таблица 2 – Химический состав шлака (%_{масс.}).

Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	MgO	P ₂ O ₅	FeO+MnO	η, Па.с
4-15	25-35	40-55	5-10	0,01-0,05	от 0,5 до более 6	0,15-0,25

Начальный анализ полученных данных от удельного расхода газа, без учета степени окисленности шлака, показал большую беспорядочность и отсутствие какой-либо зависимости. Однако после классификации их по содержанию оксидов железа и марганца на группы менее 2% масс., более 2% масс. (2-4%) и более 6% масс. установлена определённая особенность в поведении алюминия ванны ковша (рис. 1).

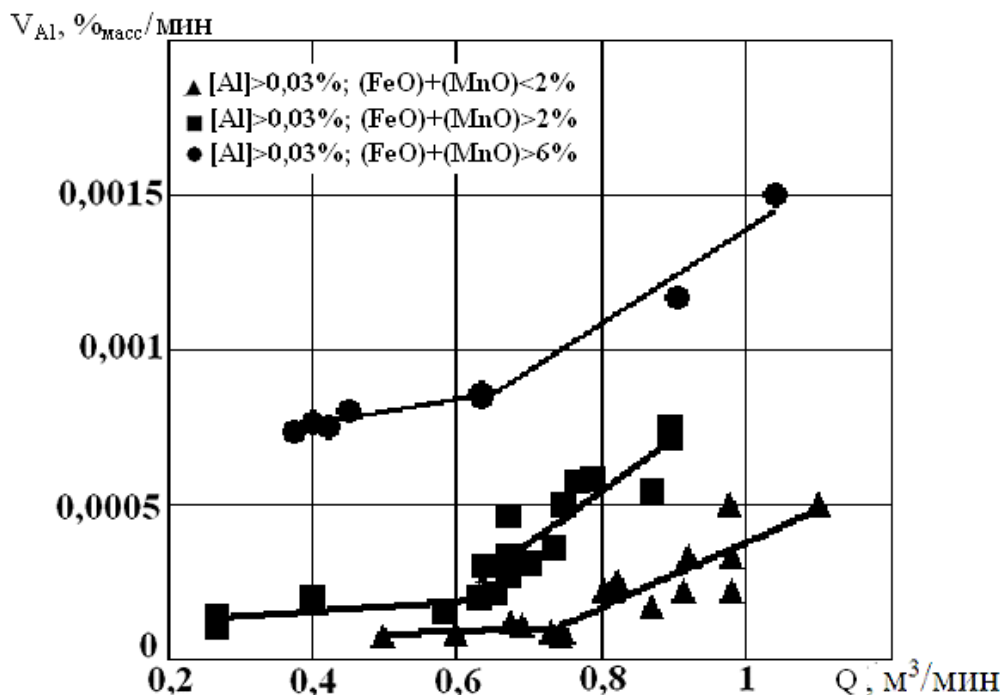


Рисунок 1 - Зависимость скорости вторичного окисления алюминия стали от расхода аргона, при разной степени окисленности шлака.

На рис. 1 взаимодействующие вещества представлены в массовых процентах, а не в значениях их активностей. Согласно с результатами расчета активностей реагирующих компонентов в соответствующих фазах, изменение химического состава других, составляющих систему элементов, в диапазоне концентраций табл.1 и 2 не вызывает значительного изменения значений их активностей. Изменение активности оксидов шлака и алюминия стали в большей степени связано с изменением их концентрации. Поэтому полагаем, что полученные результаты удобнее представить как зависимость от массовых концентраций.

Рассматривая, представленные на рис. 1 зависимости, следует отметить одну очень важную особенность в поведении алюминия, а именно наличие критической точки. Особенностью скорости вторичного окисления алюминия в этой точке является то, что при расходах газа правее критической точки происходит изменение кинетики вторичного окисления алюминия. Если в область правее критической точки проэкстраполировать докритические значения и соотнести их с реальными значениями этой области, то обнаружим различие в 1,5 – 2 раза.

Сравнивая между собой данные скорости вторичного окисления алюминия в каждой из двух областей графика зависимости на рис.1, можно отметить, что с увеличением содержания оксидов железа и марганца в шлаке, скорость окисления алюминия возрастает, но характер зависимости при этом практически не изменяется, и это свойственно для обеих областей.

Выводы

Таким образом, по промышленным данным были получены зависимости скорости вторичного окисления алюминия в сталеразливочном ковше от удельного расхода газа, а также степени окисленности шлака. Представленные зависимости указывают на то, что продувка металла в 300-т ковше с расходом выше критического значения ($0,6-0,75 \text{ м}^3/\text{мин}$), увеличивает скорость вторичного окисления в 1,5-2 раза. Увеличение содержания оксидов железа и марганца в шлаке увеличивает кинетику окисления алюминия в ковше в обоих режимах продувки, при этом практически не изменяет характера зависимости.

Результаты работы указывают на то, что существует возможность привести поведение алюминия в ванне ковша из слабо управляемого процесса к управляемому, путём регулирования интенсивности продувки и степени окисленности шлака, что имеет практическое значение для технологии внепечной обработки стали.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Плюшкель В. Кинетика окисления алюминия при продувке жидкой стали./ В. Плюшкель, В. Реденс, Э. Шюрман // Инжекционная металлургия 80. Лулеа, Швеция. 1980. Пер с англ. – М.: Металлургия, 1982. – С.116–128.
2. Lee K.Y. Rate of reoxidation of ultra-low carbon steel in contact with slag of various composition. / K.Y. Lee., J.M. Park, C.W. Park. //VII International Conference on Molten Slag Fluxes and Salts, The Souse African Institute of Mining and Metallurgy. - 2004, p. 601-606.
3. Поживанов М.А., Шахпазов Е.Х., Свяжин А.Г. Выплавка стали для автолиста. М.: Интерконтакт Наука, 2006. – 166с.

Надійшла до редакції 11.10.2011

Рецензент д.т.н., проф. О.М. Смірнов

© Сафонов В.М., Проскуренко Д.В., Писмарев К.Е.