

В. О. Шульга

## ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМПЛЕКСНОГО РАСКИСЛЕНИЯ СТАЛИ

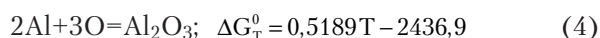
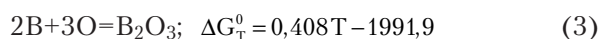
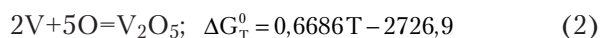
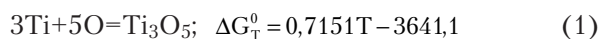
Выполнен физико-химический анализ комбинаций металлов и их взаимодействия с растворенным в расплаве кислородом

**Ключевые слова:** сталь, раскисление, физико-химический анализ, кислород

### 1. Введение

Выполненные исследования касаются получения высококачественной нержавеющей стали. Очищение металла от неметаллических включений является одной из ключевых задач при производстве коррозионно-стойких сталей. Наиболее эффективным, с точки зрения уменьшения вредного влияния неметаллических включений на качественные характеристики стали, в настоящее время является физико-химический способ. В его основе лежит превращение нежелательных неметаллических включений посредством раскисления и модификации в комплексные соединения правильной формы, способные не только относительно легко удаляться из металла, но и, оставаясь в нем, не оказывать критического влияния на качество металла.

При анализе термодинамического потенциала образования окислов приведенного ряда металлов, наилучшие показатели выявились у титана, ванадия, алюминия и бора, которые образуют соответствующие окислы, реакции (1)-(4) [1].



Подобные результаты приведены в более ранних работах [2, 3]. Несколько отличающиеся термодинамические характеристики раскисления металлическими добавками характеризуются различием методик физико-химических исследований. В настоящее время в практике проведения раскисления расплава железа широко используется применение комплексных раскислителей – сочетание двух и более металлических добавок [4].

### 2. Цель работы

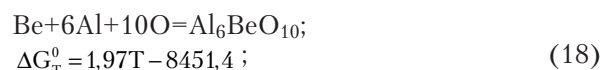
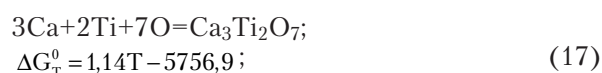
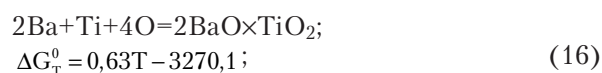
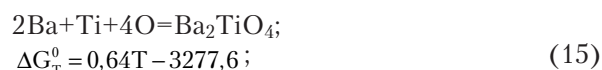
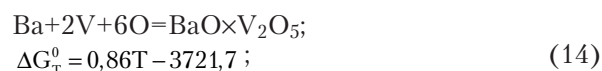
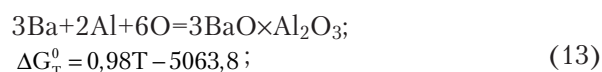
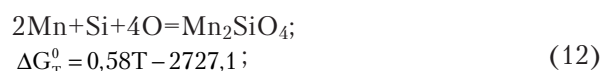
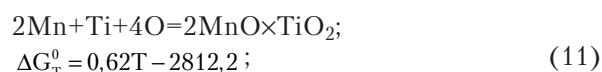
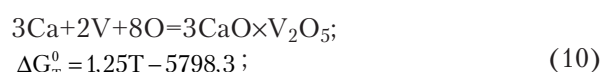
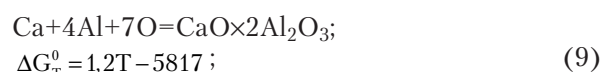
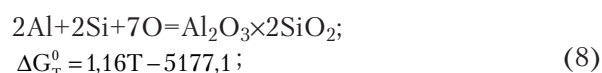
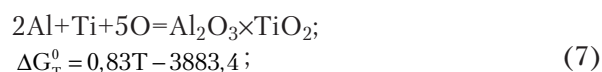
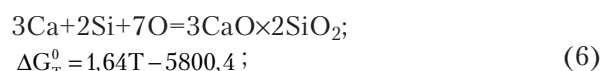
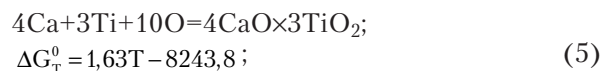
Целью настоящих исследований являлось проведение термодинамического анализа процесса комплексного раскисления нержавеющей стали в диапазоне температур от 1500 до 2500 К.

### 3. Выполнение исследований и обсуждение результатов

В последнее время широкое распространение

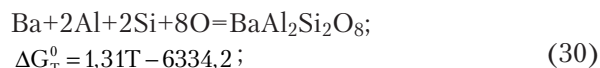
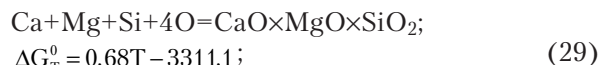
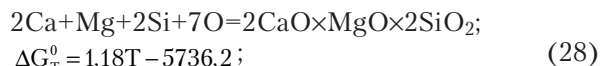
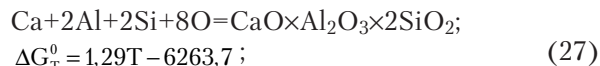
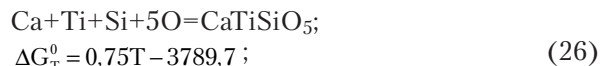
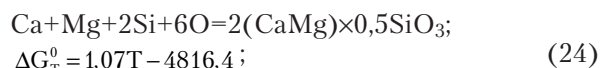
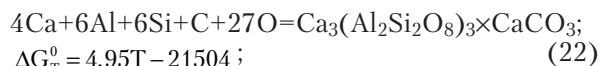
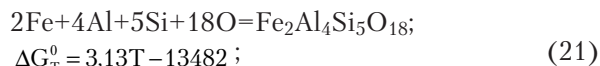
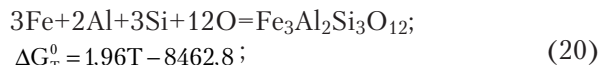
получили процессы с применением технологии комплексного раскисления расплава [5]. Технология комплексного раскисления предусматривает последовательное проведение раскисления расплава двумя и более раскислителями [4, 6, 7].

Для выполнения физико-химического анализа использовали сочетание металлических добавок, исходя из установленного в работе [1] ряда раскислительной способности: Ti, V, Al, B, Cr, Zr, Mn, Si, Ca, Be, Mg, а также и других сочетаний.



Следующим этапом исследования являлось использование комплексных раскислителей, составленных из

трех и более элементов. Были выбраны группировки элементов, представленные реакциями (19)...(30).



Из результатов расчета изменения потенциала Гиббса видно, что наибольшей эффективностью обладает комплекс на основе алюминия и кремния с такими металлами, как магний, железо и кальций. Наибольшая эффективность выявлена при создании комплекса на основе алюминия и кремния с кальцием и углеродом, реакция (22). Однако такой комплекс может создавать условия для легирования стали углеродом, что приведет к ухудшению ее качества.

Объяснение полученных результатов можно изложить следующей моделью. При подаче в расплав, в качестве первого, более слабого металлического раскислителя из ряда сродства к кислороду происходит взаимодействие с растворенным в расплаве кислородом и образование соответствующего окисла.

#### 4. Выводы

Для оптимизации технологии раскисления стали целесообразно использовать комплексные раскислители на основе комбинаций металлов из ряда сродства их к кислороду. При этом следует учитывать концентрационные зависимости наступления равновесия реакций взаимодействия между металлом-раскислителем и растворенным в расплаве кислородом.

#### Литература

1. Шульга В. О. Физико-химический анализ процесса раскисления стали [Текст] / В. О. Шульга, И. Ф. Червоний, С. Г. Егоров, В. П. Грицай // *Металлургия: наукові праці ЗДІА. – Запоріжжя: ЗДІА, 2012. – Вип. 3 (28). – С. 38-42. – Бібліогр. с. 42.*
2. Зборщик, О. М. Фізико-хімічні процеси позаагрегатного рафінування металу [Текст]: Навчальний посібник / О. М. Зборщик – Донецьк: ДонНТУ, 2001. – 154 с. – Бібліогр. с. 149. – 150 экз. – ISBN 966-7559-56-4.
3. Кньюпель Г. Раскисление и вакуумная обработка стали. Часть I. Термодинамические и кинетические закономерности [Текст]: Пер. с нем. Г. Н. Еланского. – М.: *Металлургия*, 1973. – 312 с. – Библіогр. с. 305-311. – 2200 экз.
4. Аменова А. А., Качественные показатели стали RR St 37-2 раскисленной комплексным ферросплавом ферросиликоалюмобарием [Электронный ресурс] / А. А. Аменова, А. Х. Нурумгалиев, Д. У. Смагулов // Режим выборки: <http://vestnik.kazntu.kz/files/news-papers/46/1324/1324.pdf>. – 22.11.2012.
5. Казачков, Е. А. Комплексное раскисление стали алюминием и кальцием [Электронный ресурс] / Е. А. Казачков, Л. Е. Бойчук // *Вісник приазовського державного технічного університету. Серія: Технічні науки. – Вип. № 20. – 2010. – С. 11-14. – Бібліогр.: с. 14.*
6. Pat. US5868875 United States. Int. Cl.<sup>6</sup> C21D 8/02; C22C 38/28. Non-ridging ferritic chromium alloyed steel and method of making [Электронный ресурс] / Eizo Yoshitaka, Alan R. McKague. – Date of Patent: Feb. 9, 1999. – Режим выборки: <http://www.google.com.ua/patents/US5868875>. – 20.11.2012.
7. Pat. US6511553 United States. Int. Cl.<sup>7</sup> C22C 3S/06; C22C 38/14. Steel for steel excellent in workability and method of deoxidizing same [Электронный ресурс] / Junji Nakashima, Takashi Sawal, Mitsuo Uchimura, Wataru Yamada, Shigenori Tanaka, Yasuharu Sakuma, Akinobu Murasato. – Date of Patent: Jan. 28, 2003. – Режим выборки: <http://www.google.ru/patents/US6511553>. – 20.11.2012.

#### ПРО ЭФФЕКТИВНІСТЬ КОМПЛЕКСНОГО РОЗКИСЛЕННЯ СТАЛІ

**В. О. Шульга**

Виконано фізико-хімічний аналіз комбінацій металів і їх взаємодії з розчиненим в розплаві киснем

**Ключові слова:** сталь, розкислювання, фізико-хімічний аналіз, кисень

*Віктор Олександрович Шульга, аспірант кафедри металургії кольорових металів Запорізької державної інженерної академії, тел.: +38(067)9153395, e-mail: shulga-victor@mail.ru*

#### REGARDING THE EFFICIENCY OF COMPLEX STEEL DEOXIDATION

**O. Shulga**

The physical and chemical analysis of combinations of metals and their co-operating is executed with the oxygen dissolved in fusion

**Keywords:** steel, deleting of oxygen, physical and chemical analysis, oxygen

*Olegovich Shulga, graduate department of nonferrous metals Zaporozhye state engineering academy, tel.: +38(067)9153395, E-mail: shulga-victor@mail.ru*